

MINISTERIO DE AGRICULTURA  
SECCION DE PUBLICACIONES, PRENSA Y PROPAGANDA

---

15158

# BIOMETRIA

NOCIONES SOBRE ESTE METODO  
DE INVESTIGACION EN GENETICA

POR

DANIEL NAGORE  
INGENIERO AGRONOMO

TERCERA EDICION



1 9 4 1  
MADRID

M 519.24 NAG  
1400409550

BIOMETRIA



MINISTERIO DE AGRICULTURA  
SECCION DE PUBLICACIONES, PRENSA Y PROPAGANDA

---



15158

# Biometría

---

Nociones sobre este método de investigación en Genética

por

**Daniel Nagore**

Ingeniero Agrónomo

---

TERCERA EDICION

---

1.941  
MADRID





## PROLOGO A LA TERCERA EDICION

La tercera tirada de este folleto demuestra, al hacerse necesaria, que se desarrolló en él materia de actualidad, por la que se han interesado numerosos lectores. A nuestro juicio, sin embargo, no se debe esa preferencia a la novedad del asunto, sino simplemente a haber acertado a exponerlo con extremada sencillez, y deseando no privarle del único título que lo ha hecho reimprimible, sólo hemos intercalado en esta nueva edición algunas notas aclaratorias que completen esa fugaz iniciación que, al profano en cuyas manos caiga este opúsculo y en esta materia, hemos querido ofrecerle.

# Biometría

---

## Nociones sobre este método de investigación en Genética

---

### 1

#### A modo de preámbulo.

El estudio de los problemas biológicos ha sufrido en fechas relativamente recientes un impulso extraordinario, y no es precisamente en nuestra Patria donde se han desenvuelto con la amplitud que daba derecho a esperar el ser un país que a la agricultura y ganadería debe sus medios de existencia.

Lo afirmamos así porque si bien un escogido número de pacientes investigadores ha trabajado con éxito bien conocido en los laboratorios nacionales, cooperando en diferentes aspectos de esta ciencia a impulsarla notablemente, faltaron quienes, aprovechándose de esos trabajos y de los realizados en el extranjero, hicieran aplicación adecuada a los sectores agrícola y pecuario. A nuestro juicio, la escasez en la vulgarización de los métodos y procedimientos utilizables fueron la causa de este relativo estancamiento, y es un deber animar a la juventud estudiosa mostrándole los caminos por los que puede proporcionar material, siempre aprovechable, si está bien escogido y manejado, para ir sentando las bases de una mejora racional de nuestras básicas producciones.

El trabajo fué ya iniciado, y los prestigiosos nombres del doctor Gallástegui Unamuno, y de los ingenieros Blanco, Mendivil y Crespo (si alguien falta en la cita, atribúyanlo a deficiente información o involuntario olvido), figuran hace tiempo en la intrépida avanzada de los que, rompiendo viejos moldes, innovaron los nuevos métodos.



Quien esto escribe es un admirador sincero de tan ilustres investigadores como discretos publicistas, y aunque seguramente en posesión de bagaje científico más precario, se decide a intentar el diseño de uno de los puntos abarcados por el complejo estudio de la Genética.

Los modestos trabajos emprendidos en tal camino le han enseñado que en este campo, para conseguir abundante fruto, hacen falta muchos obreros. Reclutarlos se pretende, y en gracia a este buen deseo podrán disculparse los lunares que un experto encontrará sin duda en este ensayo de divulgación de la obra de grandes maestros, pues posible es se haya supeditado con exceso la rigurosa exactitud de expresión a las conveniencias de una fácil y comprensiva exposición del asunto.

Desde la fecha en que por primera vez se dieron a la Imprenta estas notas, la afición por el estudio de las cuestiones genéticas se ha desarrollado con más vivo interés en nuestra Patria, dominada también por el espíritu científico que reina desbordado en todos los sectores de la investigación, y al que no han querido escaparse las ciencias naturales, las más retrasadas en este aspecto, no porque sus técnicos carecieran de competencia, sino porque ligadas más que ninguna a fenómenos trascendentes, su encuadramiento en fórmulas matemáticas y de exacta cuantificación siempre tropezará con obstáculos, no digamos insuperables, pero sí de muy lenta gestación, hasta que puedan vislumbrarse en su grandiosa magnificencia.

Muchos, desde entonces, han comenzado a espigar en este campo, y nos congratulamos de que la mayor parte pertenezcan al grupo de los agrónomos españoles.

## 2

### Definición de Genética y lugar que en la misma ocupa la Biometría

Siempre ha encontrado lugar preferente en el extenso y amplio campo de las investigaciones humanas el misterioso problema de la herencia en los seres vivientes, y con verdadero ahinco se persigue un rayo de luz en el complejo mecanismo que preside la or-



denación de los fenómenos hereditarios. De esto se ocupa la Genética; pero, como ciencia nueva, sus límites no están perfectamente definidos.

Concuerdan todos en que la célula, maravilloso y básico elemento de la vida orgánica, es la que encierra el secreto de tan interesante proceso, y, por tanto, que la Citología debe ser fundamental pilar donde la Genética encuentre su apoyo.

Aunque ello puede tener visos de certeza, no es menos verdad que, gracias al estudio de los aspectos más generales del asunto, de lo más visible en él, de lo que ocurre en los organismos adultos, permitió dar la clave de lo que acaece con los elementos estructurales últimamente descubiertos en el microcosmos celular, que, de otro modo, tal vez no hubieran tenido tan satisfactoria explicación.

Hubiera sido muy difícil, en efecto, conocer el trasiego ordenado de los cromosomas en las divisiones carioquinéticas de los gametos, si antes un Mendel no pusiera de manifiesto la distribución de las diferencias hereditarias en la progenie de los individuos, porque no hay que olvidar, como dice Pearl, que el citólogo se ve constreñido a examinar un material inmovilizado y labora bajo un serio peligro de error, si quiere deducir la naturaleza de los fenómenos dinámicos únicamente de sus estáticos antecedentes. Esta dificultad, posible de surgir por una apreciación unilateral de los hechos, la hace resaltar magistralmente Ramón y Cajal al afirmar: "La vida misma, que es integración y síntesis, aparece al histólogo fragmentada, desarticulada y, por tanto, muerta. Polos opuestos de la actividad mental, el micrógrafo y el pensador, suelen excluirse como se excluyen la visión miope del insecto y la visión telescópica del águila".

La misión de la Genética no puede, por tanto, limitarse a estudiar y unir los retazos que de pasajeras estructuras le proporcione el examen microscópico de la célula, sino que tiene que enlazar lo que allí ve con los hechos que acusa la experiencia, con los organismos en completa diferenciación, y esto sólo pueden hacerlo en forma útil y adecuada los métodos estadísticos (Biometría y Mendelismo), de los que no se puede prescindir en un estudio a fondo del fenómeno hereditario. Aunque no se dé al método bio-



métrico más valor que el de ser un eficiente medio de describir las agrupaciones biológicas (especies, géneros, razas, etc.), sería suficiente para considerar su alto valor, pues sin un instrumento adecuado que permita lograr tal resultado, nos debatiríamos como hasta ahora en la incertidumbre sobre la exactitud de los fenómenos biológicos observados, por estar manejando un material sin dimensiones fijas, que presentaría una elasticidad propicia a las más casuísticas interpretaciones.

Del mismo modo, aunque el mendelismo sólo nos dé a conocer la distribución de las especificidades hereditarias en los organismos adultos, sin penetrar en las profundidades de un análisis detallado de los factores causales y su radicación, siempre será el paso fundamental que en el orden especulativo señaló el rumbo cierto, por el que necesariamente han de orientarse quienes pretendan bucear en el mecanismo de la herencia.

Las mismas razones abonan la necesidad de no despreciar en la investigación el laboratorio viviente, que proporciona el embrión, fase notable del desenvolvimiento ontogénico, y en el que muy posiblemente se opera enigmática distribución de factores en los plasmas germinativos y somáticos. La Genética aparece, pues, como un conjunto de métodos analíticos y experimentales, que tiene por finalidad desentrañar cómo y por qué los caracteres se heredan, y es interesante por ello señalar en qué estado se encontraban nuestros conocimientos hasta el momento de aparecer en el palenque científico la ciencia que fué bautizada de esa manera tan sugestiva.

Conocíamos la existencia en la célula de un protoplasma funcional o citoplasma mutable, ya que se producen casos evidentes de verdaderas metaplasias o transformaciones de unos tejidos en otros, así como dotado de indiferencia en su origen, que le permite orientar su diferenciación en un sentido o en otro, según la naturaleza de las acciones que sobre el citado plasma se ejerzan. Circunstancias son ambas probatorias de que la inmutabilidad y la predeterminación del plasma funcional de las unidades celulares componentes de los seres vivos ni han existido ni existen. Pero a la vez es patente que en organismos pertenecientes a distintas especies hay alguna cosa específicamente distinta del protoplasma fun-



cional, y esto lo mismo en células reproductoras que somáticas, demostrado de manera concluyente por la desigual afinidad vegetativa y sexual.

Los injertos heteroplásticos (trasplante de tejidos u órganos de un animal o planta de especie determinada a otro de distinta agrupación) no han dado resultado, aunque aquéllos presentaran estructura histológica similar, pues en los casos que pudo lograrse el éxito, lo fué, o porque pertenecían a la misma especie ontogénica, aunque apareciesen en distinta agrupación taxonómica, o porque se trataba de heteroplasias fugaces y pasajeras que nada demuestran. De análoga manera, en células reproductoras, la precisa afinidad entre el óvulo y el gameto macho para conseguir unión fértil sólo se logra entre los procedentes de organismos de un mismo grupo específico más o menos parientes, pero ligados, al fin, por una organización particular que permite y estimula la conjunción en este caso y la repele entre seres de especie ontogénica diferente.

También se había previsto por razonamientos deductivos que en la célula debían existir unidades vivientes ultramicroscópicas, por no concebirse una síntesis vital sin partículas de análoga naturaleza que la integraran, aunque la existencia independiente de cada una de éstas, dotada de completo metabolismo (panmerismo denominado en este caso), estaba comprobado no tenía realidad.

No parecía finalmente imposible que el material que había de servir de asiento a esas partículas imponderables pudiese presentar una organización constante en su esencia, aunque variable en accidentes, que fuera quien marcara el sello indeleble y diferencial de los caracteres específicos.

Estas son, a grandes rasgos, las conclusiones a que había llegado la Biología cuando de su tronco se desgajó esta rama científica conocida por Genética.

Los principios fundamentales no han variado al entrar en los dominios de esta nueva disciplina. La teoría del plasma germinal de Weismann, elevada a un rango primordial, casi a un postulado en los modernos estudios de la herencia por Johannsen, con sus dos concepciones del "genotipo" y "fenotipo", no es otra cosa que la aseveración de la existencia en el organismo celular de la doble cualidad observada.



El genotipo, conjunto de energías potenciales que aseguran la transmisión de caracteres, conectando así las generaciones sucesivas, aparece cubierto por mortal sudario, que es el que da fe de la herencia por caracteres visibles y palpables en el organismo adulto, el fenotipo, el cual lleva en todos sus componentes celulares la esencia genotípica, si bien ésta se mantiene en el más alto grado de actividad en las células reproductoras y aminorada y posiblemente obstaculizada por diferenciaciones de otra clase en las células somáticas.

Hoy se vislumbra que muy posiblemente el idioplasma o la cromatina pueda ser el refugio de las singulares unidades hereditarias previstas, y que sean, en consecuencia, muy probablemente los cromosomas el vehículo portador en las traslaciones continuas o periódicas que, de célula a célula y de ser a ser, están realizándose sin solución de continuidad a través del tiempo y del espacio. Las probabilidades se acentúan según investigaciones genéticas de que cada especie animal o vegetal posee un número característico y fijo de cromosomas, y aunque ello pudiera parecer un detalle en favor del afianzamiento de la inmutabilidad específica deducida por la Biología experimental, pierde fuerza al observarse que aquel número no es privativo de una especie determinada, sino que el mismo se puede repetir en grupos muy alejados de la escala orgánica.

La Genética, pues, uniendo el análisis y la experimentación con el auxilio de métodos diversos de investigación, ha dado un gigantesco avance al sugerir la teoría factorial de la herencia, esbozando el mecanismo que regula la transmisión de los caracteres hereditarios.

Hay quien opina (Morgan entre ellos) que a la Genética no le corresponde más, y, por tanto, que el problema de la herencia está resuelto por el simple hecho de saber cómo los factores aportados por los padres se distribuyen en las células germinales, estando su tarea futura limitada a seguir comprobando e interpretando los hechos que ocurran y puedan desviarse de las normas que proporcionan las leyes estatuidas.

Otros, por el contrario (Conklin, Jenings, Driesch, con Pearl a la cabeza), sostienen que el problema crítico de la herencia, y, por



tanto, el fin de la Genética, es el de averiguación de la causa: la base material y el mantenimiento de la especificidad somatogénica de la substancia germinal, y en este aspecto, preciso es confesar que todavía una gran interrogación se interpone en el camino del genetista.

La ignorancia, sin embargo, no es absoluta. La Biología hubo de advertirnos ya de la invariabilidad cualitativa y cuantitativa del proceso metabólico que en el medio interno de las células se efectúa, defendida de un modo severo por el organismo al poner en acción una sensibilidad trófica que impide todo cambio en su asimilación específica.

Lo mismo en el ser unicelular que en el pluricelular existen mecanismos compensadores ordinarios bien conocidos que hacen efectiva la vigilancia contra todo elemento extraño que furtivamente intentara alterar la integridad físico-química del plasma, organización defensiva de cuya eficacia no puede dudarse al observar en las circunstancias críticas la aparición de anticuerpos o antitoxinas especiales frente a la súbita aparición de un antígeno.

Un solo ion, ha dicho Abderhalden, puede en un caso dado decidir de la vida o muerte de una célula. Y no deja de tener explicación razonable el que así suceda. Mischer ha demostrado que una molécula de albúmina, con 40 átomos de carbono, puede tener no menos que un billón de isómeros, y sabiendo que en la substancia protoplasmática se encuentran muchas clases de albúmina y diversas proteínas que en junto reúnen más de 700 átomos de carbono, la variabilidad de cuerpos esencialmente diferentes que pueden obtenerse con ellas se difunde hasta el infinito, no siendo un dislate afirmar que, física y químicamente, haya tantas modalidades de células germinales como individuos orgánicos pueblan el mundo.

Fórzoso es, por tanto, suponer que en la composición del protoplasma debe encontrarse el fundamento de la especificidad orgánica, y que, por tanto, la bioquímica ha de tener parte muy activa en las investigaciones del proceso de la herencia.



### 3

#### Métodos de estudio, integrantes de la Genética.

La Genética, dedicada a escudriñar uno de los múltiples problemas que la Biología plantea, el de la herencia individual y específica, comprende, pues, en último análisis, diversos métodos de estudios que han quedado esbozados en las consideraciones precedentes, y que, en resumen, son:

*Biometría*, cuya base de estudio son los organismos adultos, intentando por la estadística de los caracteres observados y medidos en ellos la deducción de leyes de herencia. Los números y cifras con que manipula son los relativos a los ancestrales de los individuos cuya herencia adquirida examina.

*Mendelismo*.—También método estadístico, utiliza como material para deducir las leyes de transmisión hereditaria la progenie de los individuos en lugar de los ascendientes, como el anterior, y presenta la ventaja sobre aquél de que pueden sus resultados ser sometidos a la experimentación.

*Citología*.—Es un método basado en la observación de la estructura accidental o definitiva que presentan los elementos celulares componentes del ser orgánico. Utiliza un material que, para analizarlo, tiene que privarle de vida, siendo imposible, empleado solo, la comprobación experimental.

*Embriología*.—Método de observación y experimentación, siendo esta segunda modalidad (regeneraciones, regulación y crecimiento) la que en Genética es de más valor.

Las múltiples mutaciones de que el protoplasma funcional es capaz, sin desdibujar por ello la esencia orgánica del ser, es con este método como pueden ser estudiadas en detalle y servir de interpretación a hechos al parecer extraños, que pueden manifestarse como inexplicables rarezas en los organismos adultos.

*Bioquímica*.—Método experimental que, por reacciones especiales, permite descubrir las sutiles diferencias que separan entre sí los distintos plasmas orgánicos, para cuya finalidad son instrumento de poca eficacia los que proporcionan la Microscopía y la Química. La Serología ha sacado a luz ignotas peculiaridades de la



composición humoral plasmática, y a su técnica está probablemente vinculada la solución de los problemas genéticos en su más amplia concepción.

Ya el lector sabe hasta qué límite, según algunos biólogos, pretende la Genética tener intervención dentro de las investigaciones científicas, nada menos que a encontrar el factor energético o razón suprema que rige el complejo problema vital, pues que a él está consubstancialmente unido el hecho de la herencia. Más modestos otros, se contentan con intentar descifrar la naturaleza y disposición del enmarañado mecanismo que entra en juego, para que aquélla pueda manifestarse con la realidad de que son testigos todos los seres organizados.

Este último aspecto es suficiente, a nuestro juicio, para sentar los principios de aplicación inmediata a la mejora de los animales y plantas, y siendo la Biometría uno de los indiscutibles auxiliares para llevar a buen fin esta tarea, a la vez que el menos vulgarizado de los medios de investigación con que la Genética cuenta, conseguirlo pretenden las indicaciones que el lector, si continúa, podrá ver en las páginas que le ofrecemos.

#### 4

### Métodos estadísticos aplicados en Genética

Forzoso será recordar, como antecedente, ciertas generalidades relacionadas con el estudio de datos numéricos, fundamento en que se apoyan algunos de los métodos que forman parte integrante de la Genética.

Sabido es que una colección de cifras referentes a un hecho de clase determinada, resultante de una multiplicidad de causas, constituyen una estadística, y que los procedimientos empleados para dilucidar lo que esas cifras expresan, lo que tras las mismas se esconde, es lo que se denominan métodos estadísticos. Estos métodos operan, por tanto, solamente con datos cuantitativos.

El carácter cuantitativo de los mismos puede examinarse, sin embargo, desde dos puntos de vista diferentes. En el primero de ellos podemos simplemente anotar la presencia o la ausencia de algún atributo en una serie de individuos y contar cuántos lo tienen,



deduciendo cuántos carecen del atributo señalado. El carácter cuantitativo en este caso queda, pues, limitado al conteo.

De otro lado, se puede medir la cuantía de un carácter variable en cada uno de los individuos observados. La apreciación en este segundo caso es cuantitativa desde el momento de hacerla.

Así, por ejemplo, en un conjunto de plantas de guisante, podemos registrar cuántos presentan flores blancas y cuántos de color rojo, cuántas semillas hay de superficie lisa y cuántas de rugosa, así como el número de combinaciones de uno y otro carácter. Cuando se examina una población animal o vegetal puede también considerarse la variabilidad de un carácter, talla, por ejemplo, habiendo de medirlo en todos los individuos que componen el lote y registrar las cifras obtenidas, haciéndolo de igual modo que si los caracteres considerados fueran varios. También puede referirse la variabilidad a número de elementos (glándulas, pétalos, rayas estigmáticas, etc.).

En el caso del primer ejemplo, las cifras que se anotan proceden de un previo conteo; en el segundo, son las que el examen directo suministra.

Para diferenciar ambas modalidades, se acostumbra a llamar a la primera *estadística de atributos*, y a la segunda, *estadística de variables*.

Pues bien: la Biometría y el Mendelismo, que, por estar fundados en el manejo de colecciones de cifras, son estadísticos, y que se diferencian perfectamente, por estudiar el primero la ascendencia de los seres, y el segundo la progenie, pueden tener también como particularidad distintiva que el Mendelismo emplea de preferencia para la investigación los atributos, y la Biometría, las variables.

Aun hay otra diferencia, y es que las fórmulas biométricas se aplican a los promedios de poblaciones libremente reproducidas, y las mendelianas, a casos particulares en que se cruzan individuos con caracteres definidos claramente (dominantes unos, recesivos los otros), y vuelve a cruzarse entre sí la descendencia en uniones consanguíneas.

Todas estas circunstancias hacen que en la exposición y en los procedimientos de cálculo aparezcan con notables diferencias, dando



la sensación, a veces, de que sus resultados parezcan antagónicos, cuando, en realidad, se complementan.

## 5

### Biometría

Que en los seres vivos coexisten variación y herencia es evidente, y que están íntimamente ligadas no admite duda. Tampoco es difícil apreciar si la variación es grande o si es mucha la herencia; pero no es tan fácil precisar su cuantía, y eso pretende la Biometría, medirlas.

Utiliza, desde luego, para ello estadísticas de variables, con cuyas cifras, manejadas mediante sistema de cálculo especial, deduce la distribución de las variaciones de un carácter, o de varios, en un ser o seres, y la compara con la existente en el mismo ser o en otros seres descendientes o no de los primeros.

## II

De momento, nos interesa examinar las conclusiones a que con ella se llegó durante el tiempo en que fué considerada como una nueva escuela filosófica y de posibilidades seguras para resolver por sí sola el problema de la herencia.

Quetelet (1) y Galton (2) fueron los iniciadores, no logrando máxima actualidad hasta Pearson (3) y Weldon, en cuya época se encuentra su proceso más azaroso y la fase más debatida por las controversias suscitadas dentro del campo científico.

Las leyes de la "Regresión filial" y de "Herencia ancestral", básicas concepciones de la Biometría que podríamos denominar tradicional, fueron establecidas merced a concienzudo examen de dilatadas y numerosas estadísticas relativas principalmente a familias humanas.

Existía una vaga impresión de que, en general, hay en una

---

(1) *Sur l'homme et le développement de ses facultés* (1823).

(2) *Hereditary Genius* (1869).

(3) *Biometrika* (Revista, 1893-1910).



población o conjunto de seres (plantas o animales) cierta tendencia a la adquisición de un carácter medio no exagerado en sentido favorable ni adverso.

La observación vulgar conducía a suposiciones de tal género. Con frecuencia se ven hijos de ordinaria conformación originados por padres agraciados, y al contrario, hijos de padres feos con más agradable aspecto que los progenitores. Tampoco es imposible comprobar que el mejor descendiente de unas cuantas parejas agraciadas no es tan bueno como el más apto de los descendientes de un gran número de pares de mediana calidad. Todo ello permite presumir que aunque la probabilidad de obtener un buen descendiente es mayor con progenitores buenos que con medianos, en el conjunto general de población apareada libremente, se hace resaltar la oscilación alrededor de un promedio más estable.

Pues Galton definió el hecho e intentó dar noción de su medida elevando a categoría de leyes el resultado de su investigación.

“Regresión filial” no significa, como podría creerse, reversión o degeneración de los hijos con respecto a los padres, sino una aproximación a la media general de la población, que será en unos casos mejor y en otros peor que la de los padres que intervinieron en la procreación de esos hijos. Si para aclarar el concepto llamamos  $M$  a la estatura media de la población en conjunto y es  $D$  la desviación de la altura de los padres con relación a aquélla en más o en menos, la estatura de éstos vendría representada por  $M \pm D$ . Galton dedujo que la estatura media de los hijos de aquella pobla-

ción venía dada por la fórmula  $M \pm \frac{1}{3} D$ , que, como se ve, es más aproximada a la media de la población general. Así, pues, los padres con un exceso de carácter examinado, contribuyen en la constitución de los hijos con un exceso también, pero con menos exceso que el que se acusa en aquéllos. Análogamente, los padres con defecto acentuado respecto a un carácter, contribuyen en la herencia de los hijos con defecto de ese carácter, pero menos acentuado que en ellos.

Para evitar confusiones debidas a la poca acertada elección de la palabra regresión, se propuso con acierto sustituir el término regresión por correlación, que significa la amplitud, según la cual



el hijo promedio se aproxima a la media de padres comparada con la aproximación a la media de la población general.

Para los biométricos de la primera época, la cuantía de la regresión proporciona una medida útil de la intensidad de la herencia. Si aquélla es ligera, la intensidad de la herencia es grande; si, por el contrario, la regresión es considerable, la herencia es muy poca. La relación entre la desviación de la media de los hijos y la desviación de la media de los padres, respecto a un carácter dado, es el llamado coeficiente de correlación, y de él se pueden deducir análogas consecuencias. Si está próximo a cero, la herencia es muy reducida, y tanto mayor cuanto más se aproxime a la unidad. Los coeficientes de correlación obtenidos por los biométricos para distintos caracteres en plantas y animales y el hombre varían entre 0,42 y 0,52, que significa que el promedio de los hijos desvía de la media general de población la mitad, aproximadamente, que los padres. Más adelante volveremos sobre este extremo.

Razonamiento de Galton para explicar la regresión es buscar el fundamento en la herencia ancestral. En los casos corrientes de reproducción, un ser tiene origen biparental, y, por tanto, hereda caracteres de ambos progenitores. A su vez, cada uno de éstos heredaron sus caracteres de los respectivos ascendientes. Lógico es, pues, suponer que el carácter promediado de la actual población no difiera mucho del que como promedio presenten los numerosos ancestrales que han participado en la herencia que, como un mosaico, presenta cada ser de los ahora vivientes.

Cada uno de éstos, por tal razón, estará muy ligado al carácter promedio de la serie de sus antepasados y, consecuentemente, al promedio de la generación actual, que será el centro en derredor del cual oscilen.

La cuantía de la participación que como promedio tienen los ancestrales en la herencia de un individuo, fué objeto de determinación por Galton y sirvió de base para establecer la denominada "Ley de herencia ancestral", que quedó enunciada de la manera siguiente: La mitad de un carácter o facultad heredada corresponde por partes iguales a los progenitores; la contribución de cada uno es, por tanto, de un cuarto de aquel carácter. La de los abuelos es



de  $\frac{1}{16}$ , y así sucesivamente, quedando expresada la contribución de

las parejas sucesivas del pedigree ascendente en la serie  $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8},$

$\frac{1}{16}$ , etc., cuya suma, igual a la unidad, da el carácter del individuo examinado.

Matemáticamente se expresó en la siguiente forma:

$$\begin{array}{l} 1.^{\text{a}} \text{ generación ancestral} \left\{ \begin{array}{l} \text{Los padres intervienen en } \frac{1}{2}, \text{ o sea en } \left(\frac{1}{2}\right)^1 \\ 2.^{\text{a}} \text{ generación ancestral} \left\{ \begin{array}{l} \text{Los abuelos intervienen en } \frac{1}{4}, \text{ o sea en } \left(\frac{1}{2}\right)^2 \\ \dots\dots\dots \\ n.^{\text{a}} \text{ generación ancestral} \left\{ \begin{array}{l} \text{Los enésimos antepasados intervienen en } \left(\frac{1}{2}\right)^n. \end{array} \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array}$$

Pearson, el generalizador de las leyes de Galton, expuso ésta en forma algo distinta, pero equivalente, pues se refiere no a los ancestrales como pareja, sino a cada uno de los progenitores en particular. Así, en la

$$\begin{array}{l} 1.^{\text{a}} \text{ generación} \dots\dots\dots \text{Cada padre interviene en } (0,5)^2. \\ 2.^{\text{a}} \text{ generación} \dots\dots\dots \text{Cada padre interviene en } (0,5)^4. \\ \dots\dots\dots \\ n.^{\text{a}} \text{ generación} \dots\dots\dots \text{Cada padre interviene en } (0,5)^{2n}. \end{array}$$

Determinó igualmente la correlación entre los hijos y los diferentes ancestrales, hallando las cifras de 0,5, 0,33, 0,22, etc., para el grado de semejanza entre hijos y padres, hijos con abuelos, hijos con tatarabuelos, etc. La intervención hereditaria de un ancestral disminuye, pues, a medida que es más remoto y según las progresiones geométricas establecidas.

La idea general expresada por esta ley es aceptable siempre que no se atribuya a las fracciones de la serie señalada la rígida expresión de su valor numérico, pues el mismo Galton confesaba podían existir prepotencias individuales en los ancestrales que harían pesar su contribución hereditaria más que lo que la serie nu-





mérica citada señala, pero que quedaban eliminadas al relacionar promedios en grandes masas de organismos.

A pesar del carácter poco concreto de las leyes establecidas por los biométricos, algunos resultados se alcanzaron con ellas no desprovistos de valor práctico en algunos aspectos.

Pearson dedujo que en la raza humana el padre es prepotente respecto al carácter de estatura, cualquiera que sea la descendencia, varón o hembra. Igualmente dedujo que la mujer hereda la fertilidad indistintamente por línea de varones que de hembras.

El mismo profesor pudo aseverar que si en la población se elige un cierto número de individuos que presenten determinada magnitud de un carácter, operando siempre con individuos que acusan esa modalidad para padres de sucesivas generaciones, puede lograrse acentuarlo hasta cierto límite. Si las condiciones de los elegidos son las más aptas para la supervivencia, aunque la selección cesara, se habría obtenido un tipo estable; en caso contrario, al cesar la intervención, se produciría un gradual retroceso hacia la media de la primitiva población.

Pero la naturaleza misma de las deducciones alcanzadas, de las que son un ejemplo las que acabamos de indicar, demuestran que el estudio estadístico, bajo el escarpelo de la Biometría, sólo esboza las líneas generales del problema de la herencia, sin resolverlo. Y ello por la sencilla razón de que para que las conclusiones fuesen de estimable valor, sería preciso que las cosas medidas y enumeradas estuvieran agrupadas de manera apropiada, y en este caso no lo están.

En primer lugar, el material con que manipula es obtenido de entre una población heterogénea y de familias muy diferentes, por tanto, sin conexión íntima en el aspecto genético, que era lo único que podría avalorar las consecuencias. Tampoco debe perderse de vista que en los seres hay, de un lado, variaciones que son heredadas, presumiblemente porque están representadas en la substancia germinal; y de otro, las hay puramente somáticas, debidas a las condiciones del medio ambiente y que no reaparecen en los hijos. En la ley de herencia ancestral y determinación de la intensidad hereditaria, según la correlación, tanto unas como otras son consi-



deradas con la misma significación, cuando las somáticas para nada influyen en el fenómeno hereditario.

¿Cómo va a poder admitirse que el coeficiente de correlación sea un índice de intensidad de la herencia, cuando hay muchos factores (difíciles de precisar) que por sí solos pueden determinar semejanza aun en ausencia de relaciones genéticas?

A lo sumo podrá marcarnos la interrelación mutua, o sea la analogía mayor o menor de la distribución en las series de organismos coleccionados en la tabla de correlación.

Abarcando con amplia visión la finalidad de los procedimientos biométricos, se aprecia que tienden a la eliminación del individuo sustituyendo su personalidad por los promedios de conjunto, error de táctica, pues las causas de la herencia son profundamente individuales y cabría investigarlas más acertadamente limitándose al estudio detallado y a fondo de una familia particular.

La tarea del estadístico en Biometría, respecto a la herencia, es como la del físico ante el átomo. Nada o casi nada sabe de éste; su conocimiento es del grupo, conteniendo grandes números (Pearson). La hipótesis electrónica en nada hace variar el sentido de esta acertada comparación, pues siempre resultará que ahora es el agregado de núcleo y negatrones lo que el físico maneja, sin saber las complejidades que en ese microcosmos le reserva el porvenir.

### III

Con Johannsen, Jennings, Darbishir y Pearl comenzó la Biometría a entrar por los cauces de una racional utilización, previa una labor de desbrozamiento que dejase bien a la vista el alcance científico que puede atribuirse a este sistema de investigación. El último de los autores citados, en su obra "Modes of Research in Genetics", Nueva York, 1915, desarrolla de un modo admirable este tema, e inspirándonos en sus razonamientos, veamos de explicar este punto de manera que quede claro el concepto del verdadero fin de la Biometría en Genética.

La Biometría es más que nada un método descriptivo, y como tal, por sí solo nada resuelve; pero unida a los métodos experimentales, su eficacia es indudable, máxime si se tiene en cuenta que



da una amplitud y extensión del método para describir las agrupaciones que por ningún otro procedimiento puede lograrse.

Estamos acostumbrados en los trabajos de observación biológica a tomar como unidad el individuo, y para describirlo, además de analizar sus partes componentes, se da cuenta de las cualidades y atributos del individuo como un todo, que es lo que verdaderamente lo diferencia de otros individuos. De igual modo, cuando se intentaba definir un grupo de seres (una población, raza, variedad, especie o grupo más amplio), se describía uno de los individuos pertenecientes a él, y ello se tomaba como característica del grupo que se consideraba formado por todos los organismos parecidos. Bien se ve que tal definición no es correcta, pues prescinde de las cualidades y atributos del grupo como tal grupo.

La Biometría permite subsanar esta deficiencia haciendo uso de la representación gráfica y del cálculo estadísticos. Veamos cómo. En cualquier agrupación homogénea, sea la que fuere, las modificaciones cuantitativas de un carácter existen (debido a causas accidentales del medio en que viven) y varían fluctuando alrededor de una media, pudiendo representarse geométricamente en la forma que sigue. Sobre una línea horizontal se señalan longitudes iguales representativas de un cierto número de unidades referentes al carácter que se examina (longitudes, pesos, números, tantos por ciento, etc.), las cuales marcarán las abscisas.

En ellas, como ordenadas, se señalan otras longitudes proporcionales al número de veces que en los seres observados o en sus órganos se repite el dato que suministra la cifra anotada en la correspondiente abscisa. Uniendo los extremos de las ordenadas resultará una línea poligonal, que llegaría a convertirse en curva si la división del eje de abscisas y el número de seres o elementos observados creciera lo suficiente.

Los polígonos así obtenidos son los llamados de frecuencia, porque expresan gráficamente ésta, y polígonos de Johanssen, por ser quien generalizó su uso en los métodos biométricoestadísticos.

El examen de los mismos permite analizar el modo particular de variación de los organismos de ese grupo, examinando el promedio de frecuencias (condición típica del grupo), la dispersión alrededor del promedio (diversidad individual), simetría de la distri-



bución, etc., y conseguir también a veces con esa primera ilustración, por la regularidad o no de la línea poligonal obtenida, si los seres del conjunto escogido pertenecen a un solo grupo o varios.

A la medida de las cualidades abstractas de la masa de organismos que los gráficos hacen resaltar se llega por el cálculo, determinando la *media biométrica*, el *coeficiente de variación*, la *desviación típica*, etc., las cuales se denominan constantes biométricas.

Su constancia, sin embargo, es relativa. Sólo serán fijas si corresponden a un grupo puro genéticamente y sometidas, además, a idénticas circunstancias extrínsecas.

En un rebaño de esas condiciones o en un cultivo de una especie pura, los polígonos de frecuencias correspondientes a dos muestras tomadas al azar acusarán idéntica distribución e iguales constantes biométricas, naturalmente, dentro de los límites de error consentidos e inherentes a la toma de muestras.

Precisamente, la posibilidad de determinar el error probable siguiendo los métodos biométricos es lo que les da más valor, ya que sólo así puede lograrse el máximo de aproximación en la apreciación cuantitativa de un fenómeno, imposible humanamente de ser medido con exactitud.

Otro rebaño o planta cultivada iguales a los anteriores, pero en distinto lugar, así como otros rebaños y cultivos descendientes de aquéllos, darán polígonos de frecuencia diferentes, aun dentro de un modo análogo de variación, pues la constancia biométrica no se da en el espacio ni en el tiempo.

A pesar de todo, se aprecia que la Biometría llena la primera necesidad de todo estudio analítico, cual es el de permitir la exacta definición y descripción de la cosa que pretende ser analizada.

Siguiendo sus normas, puede lograrse también determinar el grado de asociación en la variabilidad de distintos atributos dentro de cada grupo, usando para esa determinación del coeficiente de correlación, lo cual proporciona más datos para su exacta descripción y nos ilustra sobre la mayor o menor dependencia en la variabilidad de esos atributos.

Pero es que la Biometría aun va más lejos, pues las mismas consideraciones se pueden aplicar, y tal vez con más fuerza, al estudio por este método de grupos de partes análogas o de órganos



dentro de un mismo ser, esto es, de la variabilidad intraindividual, con lo cual multitud de problemas de morfogénesis, que serían inabordables para el biólogo, pueden ser analizados de este modo.

Ejemplo de análisis completo de este orden lo tenemos en el llevado a cabo por Pearl al examinar la variación y diferenciación de la planta acuática *Ceratophyllum demersum* (Washington, D. C., 1907), que demuestra hasta qué grado se puede llevar el íntimo conocimiento del desarrollo postembrionario de una individualidad orgánica.

Dependencia del número de hojas de los verticilos con la posición de los mismos en las plantas, efecto de las influencias ambientes en la posición de determinados verticilos, así como en el crecimiento del vegetal, correlación entre caracteres distintos y relación en las variaciones individuales e intrarraciales, son los caracteres examinados, que permiten, como es natural, separar de los organismos adultos muchas cosas que oscurecen con frecuencia lo que es propio y originado exclusivamente por la herencia.

#### IV

Las nociones que han quedado expuestas permiten averiguar la clase de conocimiento asequible en Genética por medio de la Biometría, faltando para completar su estudio, siquiera sea éste elemental, desarrollar las normas del cálculo que puede conducirnos al fin deseado.

Parécenos más práctico el procedimiento de exponerlo haciendo aplicación a un caso concreto, sin perjuicio de intercalar en los momentos oportunos pertinentes aclaraciones que le den la generalidad apetecible. Elegimos para esto una planta, pues siempre es más fácil en cualquier sitio encontrar material abundante, como es necesario, dentro del reino vegetal y de mayor comodidad en su manejo que el proporcionado por los animales.

Y así, el grupo sometido a examen va a ser una subvariedad de trigo denominado vulgarmente Catalán compacto de monte en una extensa región de la cuenca del Ebro (parte central), clasificado científicamente entre los *Triticum vulgare erythrospermum* (Perci-



val) y obtenido en nuestros campos de estudio por selección genealógica (fig. 1.<sup>a</sup>).

Las variables que han de entrar en juego en cada caso pueden pertenecer a diversos caracteres, y es natural que cuanto mayor sea el número de los que se sometan al análisis biométrico, lograremos



Fig. 1.<sup>a</sup>—Espigas de *Triticum vulgare erythrospermum* (Per.). Catalán de monte.

un conocimiento más exacto y preciso. No obstante, deberán tener preferencia los atributos que, siendo comunes a grupos similares, presenten mayor amplitud de variación, sirviendo las determinaciones con los demás de complemento al estudio que realizar se pretenda.

En el presente, acudimos a la densidad de la espiga medida por



el número de espiguillas contenidas en 10 cm. de longitud de raquis. En cada espiga se obtiene, multiplicando por 10, el número de espiguillas y dividiendo el resultado por la longitud de su raquis en centímetros.

En el estado que sigue se encuentran registrados los caracteres precisos correspondientes a 400 espigas de la subvariedad de trigo indicada.



Estado núm. 1

Número de orden	Número de espi- guillas	Longitud de raquis — mm.	Densidad — <i>Espiga</i>	Número de orden	Número de espi- guillas	Longitud de raquis — mm.	Densidad — <i>Espiga</i>
1.....	15	67	22,40	49.....	14	68	20,58
2.....	15	60	25,00	50.....	11	58	18,96
3.....	14	57	24,56	51.....	14	67	20,89
4.....	14	60	23,55	52.....	11	55	20,00
5.....	15	60	25,00	53.....	13	64	20,31
6.....	10	40	25,00	54.....	15	70	21,45
7.....	15	73	20,54	55.....	10	50	20,00
8.....	11	46	23,91	56.....	9	43	20,95
9.....	11	50	22,00	57.....	14	65	51,54
10.....	13	55	23,64	58.....	12	50	24,00
11.....	15	67	22,58	59.....	8	40	20,00
12.....	14	55	25,45	60.....	14	65	21,54
13.....	10	40	25,00	61.....	12	56	21,45
14.....	15	66	22,73	62.....	15	67	22,40
15.....	14	56	25,00	63.....	12	52	23,07
16.....	12	50	24,00	64.....	9	46	19,56
17.....	12	47	25,50	65.....	7	35	20,00
18.....	12	50	24,00	66.....	16	74	21,62
19.....	9	35	27,50	67.....	14	57	24,56
20.....	12	52	23,07	68.....	11	42	26,19
21.....	10	42	23,80	69.....	14	65	21,54
22.....	14	62	22,58	70.....	14	67	22,40
23.....	15	62	24,19	71.....	12	55	21,81
24.....	15	65	23,07	72.....	12	58	20,68
25.....	15	67	22,58	73.....	8	40	20,00
26.....	11	45	24,44	74.....	13	58	22,41
27.....	16	65	24,61	75.....	11	48	29,91
28.....	16	68	23,55	76.....	10	50	20,00
29.....	16	78	20,51	77.....	9	42	21,42
30.....	14	62	22,58	78.....	10	44	22,72
31.....	13	54	24,07	79.....	13	57	22,84
32.....	14	62	22,58	80.....	12	52	23,07
33.....	14	60	23,55	81.....	10	42	23,80
34.....	11	40	27,50	82.....	10	46	21,73
35.....	16	70	22,85	83.....	8	47	17,02
36.....	14	61	22,95	84.....	14	62	22,58
37.....	15	65	23,08	85.....	12	57	21,05
38.....	15	68	22,06	86.....	10	45	22,22
39.....	10	46	21,74	87.....	14	67	20,89
40.....	10	45	22,22	88.....	15	67	22,38
41.....	15	73	20,55	89.....	15	82	18,29
42.....	13	60	21,66	90.....	14	62	22,58
43.....	12	52	23,07	91.....	14	62	22,58
44.....	15	71	21,12	92.....	10	44	22,73
45.....	12	52	23,08	93.....	14	60	23,33
46.....	10	42	23,80	94.....	12	54	22,03
47.....	10	35	28,57	95.....	14	64	21,87
48.....	12	50	20,00	96.....	15	70	21,45



Número de orden	Número de espi- guillas	Longitud de raquis — mm.	Densidad — <i>Espiga</i>	Número de orden	Número de espi- guillas	Longitud de raquis — mm.	Densidad — <i>Espiga</i>
97.....	13	56	23,21	145.....	17	80	21,25
98.....	10	44	22,72	146.....	14	68	20,58
99.....	12	66	18,18	147.....	14	62	22,58
100.....	12	60	20,00	148.....	17	75	22,66
101.....	18	77	23,37	149.....	14	66	21,21
102.....	17	88	19,51	150.....	12	56	21,43
103.....	14	66	21,21	151.....	15	68	22,06
104.....	14	64	21,87	152.....	16	76	21,05
105.....	15	65	23,07	153.....	15	68	22,06
106.....	15	67	22,38	154.....	15	74	20,27
107.....	11	48	22,91	155.....	13	62	20,73
108.....	14	64	21,87	156.....	17	77	22,00
109.....	13	67	19,40	157.....	17	66	22,36
110.....	15	71	21,12	158.....	11	56	19,64
111.....	14	63	22,22	159.....	15	72	20,83
112.....	14	64	21,87	160.....	14	65	21,54
113.....	16	66	24,24	161.....	9	44	20,17
114.....	12	50	24,00	162.....	11	48	22,90
115.....	11	56	19,64	163.....	14	66	21,21
116.....	12	62	19,35	164.....	13	56	23,21
117.....	12	56	21,43	165.....	11	46	23,90
118.....	14	60	23,33	166.....	14	63	22,22
119.....	13	60	21,66	167.....	14	65	21,54
120.....	10	44	22,73	168.....	10	43	23,26
121.....	12	48	25,00	169.....	12	52	23,08
122.....	14	66	21,20	170.....	10	43	23,25
123.....	9	44	20,45	171.....	9	40	22,50
124.....	16	74	21,62	172.....	10	45	22,22
125.....	12	53	22,64	173.....	12	52	23,07
126.....	14	60	23,33	174.....	14	70	20,00
127.....	12	53	22,64	175.....	11	54	20,37
128.....	14	67	21,19	176.....	11	47	23,40
129.....	15	66	27,72	177.....	10	46	21,74
130.....	11	53	20,75	178.....	11	48	22,91
131.....	13	56	23,21	179.....	14	73	19,17
132.....	14	68	20,51	180.....	11	50	22,00
133.....	12	54	22,22	181.....	14	74	18,92
134.....	15	66	22,73	182.....	12	62	19,35
135.....	14	63	22,22	183.....	15	68	22,06
136.....	11	54	20,37	184.....	13	60	21,66
137.....	15	64	23,44	185.....	14	65	21,54
138.....	16	68	23,63	186.....	10	48	17,24
139.....	17	76	22,36	187.....	13	60	21,66
140.....	15	71	21,26	188.....	14	62	22,58
141.....	16	70	22,85	189.....	16	76	21,00
142.....	15	65	23,07	190.....	10	48	20,83
143.....	15	72	20,84	191.....	10	48	20,83
144.....	15	75	20,00	192.....	14	68	20,68



Número de orden	Número de espi- guillas	Longitud de raquis — mm.	Densidad — <i>Espiga</i>	Número de orden	Número de espi- guillas	Longitud de raquis — mm.	Densidad — <i>Espiga</i>
193.....	13	66	19,69	241.....	15	72	20,83
194.....	13	59	22,05	242.....	10	48	20,83
195.....	13	56	23,21	243.....	15	66	22,73
196.....	12	60	20,00	244.....	8	36	22,22
197.....	8	40	20,00	245.....	14	64	21,87
198.....	14	62	22,58	246.....	11	50	22,00
199.....	14	70	20,00	247.....	11	48	22,92
200.....	12	58	20,68	248.....	10	44	22,73
201.....	15	75	20,00	249.....	15	60	25,00
202.....	14	60	23,33	250.....	16	87	18,39
203.....	14	65	21,54	251.....	14	57	24,56
204.....	15	66	22,72	252.....	16	72	22,22
205.....	9	40	22,50	253.....	15	71	21,12
206.....	15	66	22,72	254.....	14	65	21,54
207.....	14	66	21,21	255.....	16	60	26,66
208.....	13	56	23,21	256.....	10	50	20,00
209.....	14	66	21,21	257.....	12	62	19,35
210.....	9	56	16,08	258.....	9	45	20,00
211.....	16	76	21,05	259.....	13	70	18,57
212.....	14	64	21,87	260.....	8	42	19,05
213.....	14	56	25,00	261.....	8	40	20,00
214.....	11	53	20,75	262.....	14	64	21,87
215.....	14	65	21,54	263.....	10	42	23,80
216.....	15	70	21,43	264.....	14	65	21,54
217.....	14	64	21,87	265.....	13	76	23,20
218.....	15	70	21,42	266.....	11	11	22,00
219.....	13	60	21,66	267.....	10	50	20,00
220.....	10	66	15,15	268.....	14	62	22,58
221.....	15	66	22,73	269.....	15	63	23,80
222.....	11	46	23,91	270.....	15	66	22,73
223.....	16	72	22,22	271.....	15	64	23,43
224.....	16	78	20,53	272.....	15	70	21,42
225.....	16	70	21,42	273.....	16	66	24,24
226.....	10	50	20,00	274.....	11	46	24,91
227.....	11	50	22,00	275.....	14	64	21,87
228.....	10	42	23,80	276.....	14	62	22,56
229.....	15	70	21,42	277.....	10	44	22,72
230.....	10	56	17,85	278.....	14	70	20,00
231.....	15	68	22,06	279.....	10	44	22,72
232.....	14	62	22,56	280.....	13	62	20,96
233.....	15	67	22,38	281.....	10	52	19,23
234.....	10	52	19,23	282.....	13	60	21,66
235.....	10	46	21,74	283.....	9	44	20,45
236.....	15	72	20,83	284.....	13	62	20,96
237.....	14	68	20,59	285.....	14	66	21,21
238.....	13	60	21,66	286.....	11	54	20,37
239.....	14	70	20,00	287.....	14	66	21,21
240.....	11	50	22,00	288.....	10	60	16,66



Número de orden	Número de espi- guillas	Longitud de raquis — mm.	Densidad — <i>Espiga</i>	Número de orden	Número de espi- guillas	Longitud de raquis — mm.	Densidad — <i>Espiga</i>
289.....	7	30	23,33	337.....	11	53	20,75
290.....	9	40	22,50	338.....	10	47	21,27
291.....	10	43	23,15	339.....	9	45	20,00
292.....	9	42	21,43	340.....	10	57	17,54
293.....	11	56	19,64	341.....	14	82	17,07
294.....	12	55	21,81	342.....	11	70	15,71
295.....	12	55	21,81	343.....	11	55	20,00
296.....	14	60	23,33	344.....	13	50	26,00
297.....	15	63	23,80	345.....	12	48	25,00
298.....	12	52	25,76	346.....	10	42	23,80
299.....	10	48	20,83	347.....	12	52	25,00
300.....	12	60	20,00	348.....	15	63	23,96
301.....	13	62	20,96	349.....	14	58	24,13
302.....	14	63	23,80	350.....	11	41	25,00
303.....	8	42	19,05	351.....	10	43	23,25
304.....	10	36	27,77	352.....	14	57	24,56
305.....	10	45	22,22	353.....	15	62	24,19
306.....	11	74	14,86	354.....	16	75	21,00
307.....	11	50	22,00	355.....	15	64	23,43
308.....	10	50	20,00	356.....	15	62	24,19
309.....	12	60	20,00	357.....	15	65	23,07
310.....	13	70	18,57	358.....	14	60	23,33
311.....	11	60	18,33	359.....	10	46	21,73
312.....	15	78	19,23	360.....	16	66	24,24
313.....	11	53	20,75	361.....	13	60	21,66
314.....	11	53	20,75	362.....	14	73	19,17
315.....	14	65	21,54	363.....	12	60	20,00
316.....	13	64	20,31	364.....	12	53	22,64
317.....	11	58	18,96	365.....	13	58	22,41
318.....	13	55	23,63	366.....	6	27	23,07
319.....	18	84	21,42	367.....	12	53	22,64
320.....	14	70	20,00	368.....	14	64	21,87
321.....	14	72	19,44	369.....	12	55	21,81
322.....	8	40	20,00	370.....	16	70	22,85
323.....	12	65	18,46	371.....	13	60	21,66
324.....	14	65	21,54	372.....	14	65	21,54
325.....	9	40	22,50	373.....	10	46	21,73
326.....	13	67	19,40	374.....	13	57	22,80
327.....	10	50	20,00	375.....	14	68	20,58
328.....	12	70	17,14	376.....	14	68	20,58
329.....	9	46	19,56	377.....	14	65	21,52
330.....	11	55	20,00	378.....	15	68	22,06
331.....	15	70	21,43	379.....	10	43	23,25
332.....	12	56	21,43	380.....	14	66	21,21
333.....	13	65	20,00	381.....	15	74	20,26
334.....	10	54	18,52	382.....	15	68	22,06
335.....	13	65	20,00	383.....	12	50	24,00
336.....	8	45	17,77	384.....	13	44	29,54



Número de orden	Número de espiguillas	Longitud de raquis mm.	Densidad — Espiga	Número de orden	Número de espiguillas	Longitud de raquis mm.	Densidad — Espiga
385.....	11	50	22,00	393.....	15	70	21,42
386.....	15	68	22,05	394.....	11	50	22,00
387.....	13	56	23,21	395.....	16	72	22,22
388.....	13	56	23,21	396.....	16	70	22,85
389.....	14	60	23,33	397.....	13	60	21,66
390.....	13	60	21,66	398.....	16	70	22,86
391.....	13	57	22,80	399.....	8	45	17,77
392.....	15	68	22,05	400.....	12	56	21,42

Examinadas cuidadosamente las cifras consignadas en las últimas columnas del doble estado precedente, se observa la siguiente distribución de frecuencias, por orden del magnitudes:

Estado núm. 2

Hay	1 espiga con densidad entre	14,50 y 15
1	—	15 y 15,50
1	—	15,50 y 16
1	—	16 y 16,50
1	—	16,50 y 17
4	—	17 y 17,50
5	—	17,50 y 18
5	—	18 y 18,50
6	—	18,50 y 19
14	—	19 y 19,50
6	—	19,50 y 20
44	—	20 y 20,50
31	—	20,50 y 21
34	—	21 y 21,50
50	—	21,50 y 22
43	—	22 y 22,50
52	—	22,50 y 23
41	—	23 y 23,50
19	—	23,50 y 24
14	—	24 y 24,50
6	—	24,50 y 25
12	—	25 y 25,50
2	—	25,50 y 26
2	—	26 y 26,50
1	—	26,50 y 27
1	—	27 y 27,50
1	—	27,50 y 28
0	—	28 y 28,50
1	—	28,50 y 29
0	—	29 y 29,50
1	—	29,50 y 30

TOTAL, 400 espigas.



Con el fin de facilitar la apreciación de la forma de esta distribución, mejor siempre en gráfico que en cifras, construyamos el polígono de frecuencia o de Johanssen relativo a estos datos.

Sobre el eje horizontal (fig. 2.<sup>a</sup>), y con arreglo a escala, tomamos magnitudes iguales que representen la amplitud de los intervalos (clases de intervalo denominado en lenguaje estadístico), que

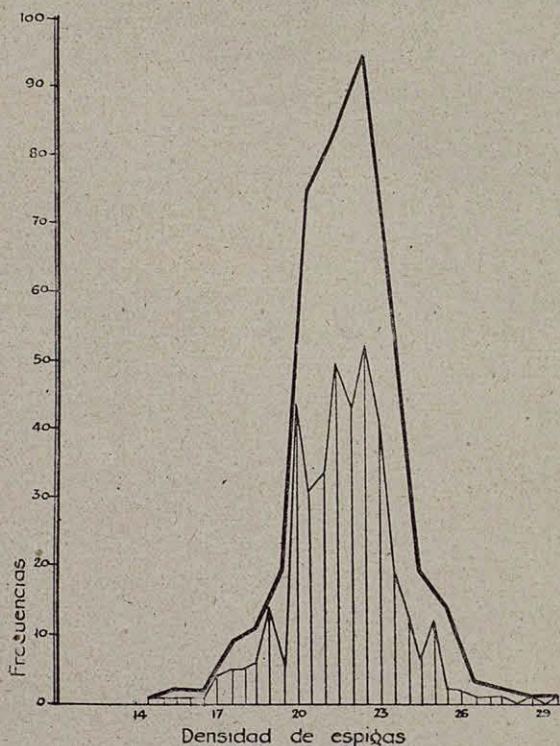


Fig. 2.<sup>a</sup>—Polígonos de Johanssen relativos a densidades de espiga.

en este caso es 0,5, y con otra escala para las ordenadas, tomamos sobre las verticales la magnitud que corresponda en frecuencias (número de individuos que presentan la magnitud correspondiente) al valor de la abscisa respectiva. De este modo resulta, uniendo las extremidades de las ordenadas consecutivas, el polígono que en la citada figura 2.<sup>a</sup> está dibujado con trazo delgado.

Obtenemos, como se ve, una línea con numerosas inflexiones, debido a que el número de espigas observadas ha sido solamente



400. Si el número se duplica, la uniformidad sería mayor, y más todavía si se triplica, pues seguramente aparecerían valores intermedios que con aquel número de observaciones no se han obtenido.

Conviene, por lo tanto, realizar las operaciones con una población numerosa. Dentro de un límite prudencial se acostumbra, por la razón antes anotada y la de reducir cálculos que posteriormente han de hacerse, a tomar la amplitud de los intervalos con la necesaria para que se obtenga un polígono convexo, cuya curva límite tenga la apariencia de la sección de una campana.

Como al construir el polígono de frecuencias en la forma dicha se atribuye a todas las comprendidas dentro de una clase intervalo el valor medio de éste, se comete un error (aunque siempre hay compensaciones), y para evitar sea grande, no debe darse amplitud exagerada a las clases de intervalo.

El error es tanto menor cuando el número de intervalos adoptado (partes en que se divide la amplitud entre el valor mayor y el menor del carácter que se estudia) está comprendido entre 15 y 25.

Con esta precaución y la de hacer como mínimum un millar de observaciones se obtiene la línea de frecuencias lo suficientemente uniforme para dar idea muy aproximada de la distribución ideal de aquéllas.

Así, pues, en el caso actual vamos a agrupar las magnitudes de una en una unidad, en lugar de hacerlo como antes, de media en media, y de este modo resulta que

#### Estado núm. 2 bis

Hay	1 espiga con densidad	entre		
2	—	—	—	14 y 15
2	—	—	—	15 y 16
9	—	—	—	16 y 17
11	—	—	—	17 y 18
20	—	—	—	18 y 19
75	—	—	—	19 y 20
84	—	—	—	20 y 21
95	—	—	—	21 y 22
60	—	—	—	22 y 23
20	—	—	—	23 y 24
14	—	—	—	24 y 25
3	—	—	—	25 y 26
2	—	—	—	26 y 27
1	—	—	—	27 y 28
1	—	—	—	28 y 29
1	—	—	—	29 y 30

TOTAL, 400 espigas.



y construyendo de nuevo el polígono de frecuencias correspondiente a estos datos, se obtiene el que representa en trazo grueso la misma figura 2.

Esa figura de polígono es de los que en estadística gráfica se llaman de simetría moderada (más alargado de un lado que del opuesto), y suele ser de análoga forma la correspondiente a material similar. Las formas de polígonos que con ésa marcan los cua-



Fig. 3.<sup>a</sup>—Histograma.

tro tipos que de ordinario suelen aparecer en los estudios gráficos estadísticos son la simétrica y las en forma de J o de U.

Aunque las más corrientes son las dos primeras, no faltan ejemplos de las demás dentro del material biológico. La correspondiente al número de pétalos de la *caltha palustris* (citada por Doncaster)



es un caso bien marcado de forma en J. La mayor frecuencia se produce con cinco pétalos, no habiendo ninguna con menos, descendiendo las frecuencias de seis, siete y ocho pétalos.

También puede hacerse la representación gráfica en forma de histograma, levantando, sobre las clases de intervalos, rectángulos

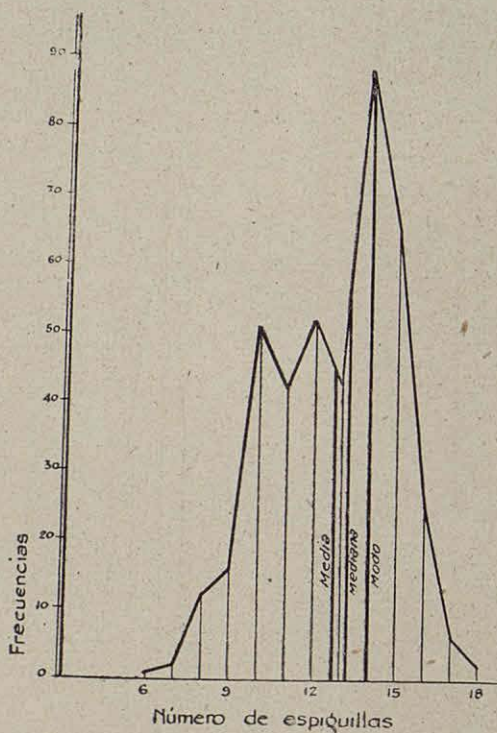


Fig. 4.<sup>a</sup>—Polígono de Johannsen relativo al número de espiguillas.

de altura correspondiente al número de frecuencias, en la forma que indica la figura 3.<sup>a</sup>, construída con los mismos datos registrados en el último estado mencionado. En ambos diagramas (polígono de frecuencias e histograma), una superficie, comprendida entre dos ordenadas, representa un cierto número de observaciones, lo cual es siempre exacto en el caso del histograma, pero no en todos los casos para el polígono de frecuencias.

*Media biométrica.*—En la distribución de las frecuencias de un



carácter variable, aun en las correspondientes a grupos similares (distribución de las densidades de espiga en dos subvariedades de trigo catalán, por ejemplo), puede haber diferencias relativas a dos extremos: a la posición y a la dispersión, como lo indica la figura 12. Por el aspecto de las curvas de variación (límites de la línea poligonal) se puede deducir la distinta variabilidad. Curva baja y extendida denota mayor variabilidad que una curva alta y empinada.

La posición se conocerá desde el momento en que se fije la si-

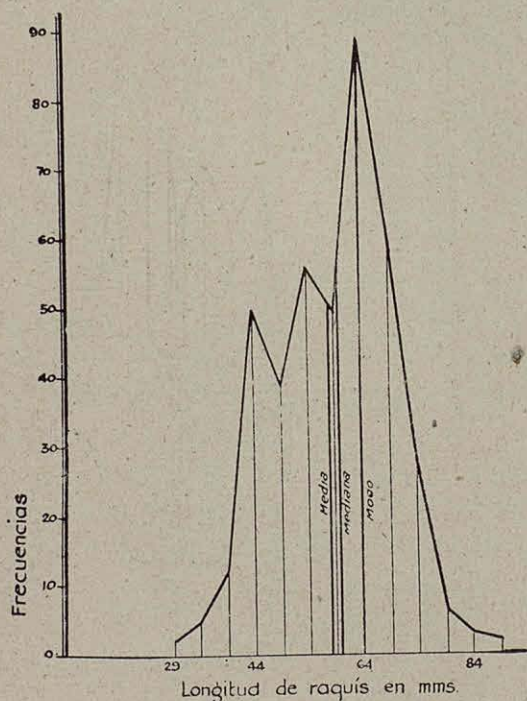


Fig. 5.ª—Polígono de Johanssen relativo a longitudes de espiga.

tuación del promedio de frecuencias, que quedará conocida a su vez en cuanto se determine su valor. Ahora bien: este promedio puede ser: la media aritmética, la moda y la mediana, pudiendo serlo también las medias geométrica y armónica. De todos ellos, la media aritmética, denominada Biométrica cuando, como en Gén-



tica, se aplica a cualidades o variables en seres vivos, es la que menos fluctúa en el cambio de lotes o muestras. Es decir, que siendo difícil en distintas muestras de un mismo rebaño o de un cultivo hallar exactamente el mismo promedio de frecuencias, el que menos se altera es el que da la media biométrica, y por eso (ya que, además, reúne las propiedades de todas las demás) es el que se emplea con preferencia.

En las figuras 4.<sup>a</sup> y 5.<sup>a</sup> se señalan para ilustración la posición de la media biométrica, de la moda y de la mediana. La moda es

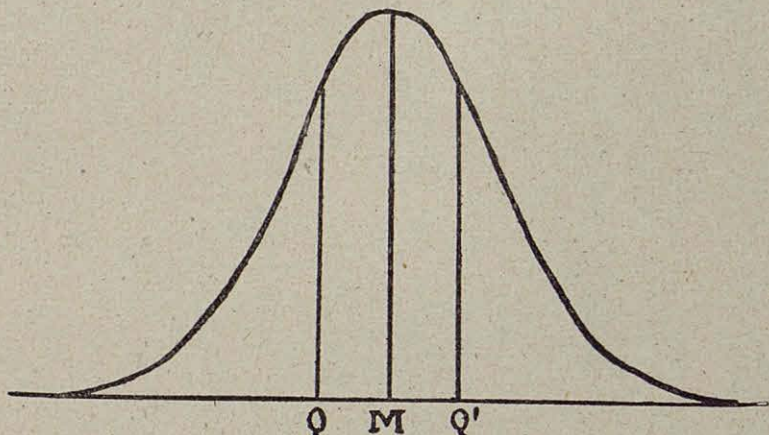


Fig. 6.—Curva normal: En M se encuentran coincidentes la media biométrica, la moda y la mediana. Q y Q' son las ordenadas correspondientes a los cuadrantes biométricos de valor, en este caso igual a M Q.

la más larga ordenada de las correspondientes a la curva de frecuencias. La mediana es la ordenada que divide el área limitada por la curva y el eje de abscisas en dos mitades de igual superficie. La media biométrica es el promedio de frecuencias. En una distribución simétrica, los tres promedios coinciden (fig. 6.<sup>a</sup>) en una de disimetría moderada, como en las que se han dibujado guardan aproximadamente la siguiente relación:

$$\text{Moda} = \text{media} - 3 (\text{media-mediana}).$$

*Cálculo de la media biométrica.*—Ateniéndonos siempre al ejemplo tomado, se elige para obtenerla un valor arbitrario de los correspondientes a la variable, por ejemplo, el que corresponde a la



mayor frecuencia, valor modal (siempre será conveniente tomarlo hacia la mitad de la columna, para reducir cálculos).

Sea, pues, el elegido  $G = 22,5$ ; el cálculo se desarrollará en la forma que indica el siguiente estado:

Estado núm. 3

Variables V	Frecuencias F	V - G	F (V - G)	F (V - G) <sup>2</sup>
14,5	1	- 8	- 8	64
15,5	2	- 7	- 14	98
16,5	2	- 6	- 12	72
17,5	9	- 5	- 45	225
18,5	11	- 4	- 44	176
19,5	20	- 3	- 60	180
20,5	75	- 2	- 150	300
21,5	84	- 1	- 84	84
22,5	95	0	0	0
23,5	60	1	60	60
24,5	20	2	40	80
25,5	14	3	42	126
26,5	3	4	12	48
27,5	2	5	10	50
28,5	1	6	6	36
29,5	1	7	7	49
$\Sigma F = 400$			$\Sigma F (V - G) = - 240$	1648

En la primera columna se encuentra la relación sucesiva de las clases de intervalo; en la siguiente, las frecuencias correspondientes a cada una de aquéllas. Comprendé la tercera columna las desviaciones de aquellas frecuencias, al valor arbitrario elegido, unas en más y otras en menos, siendo a éstas a las que se coloca el signo menos.

La cuarta columna contiene los productos de frecuencias por desviaciones respectivas, y la última, el producto de aquéllas por el cuadrado de la desviación, que se aprovechará para investigaciones posteriores.

El coeficiente de corrección de la media arbitraria tomada es

$$w = \frac{\Sigma F (V - G)}{\Sigma F} = - \frac{240}{400} = - 0,60$$

y la media biométrica M

$$M = G + w = 22,5 + (- 0,60) = 21,90$$



Hemos tomado como origen de cálculo (media arbitraria) el valor modal; pero de igual manera pudiéramos haber elegido otro valor cualquiera de los de la primera columna. Los valores de la tercera y cuarta serían distintos, pero el resultado sería el mismo para la media biométrica.

El cálculo de esta última, con los datos referentes al estado 2 y primer polígono construido, nos daría, tomando como valor arbitrario también el valor modal de aquella distribución  $G = 22,75$  un valor para  $w$ .

$$w = -\frac{696}{400} = -1,74$$

clase de intervalo, o sea en unidades 0,87, resultando, por tanto,

$$M = G + w = 22,75 - 0,87 = 21,88.$$

Difiere, como se ve, algo de la precedente, pero está dentro de los límites de error admisibles. Para dos muestras de la misma masa de cultivos, y con el número de espigas y clases de intervalo en las frecuencias tomado en nuestro cálculo, el error admisible, como se verá más adelante, es, aproximadamente, 0,1, y aquí es  $21,90 - 21,88 = 0,02$  solamente.

Se confirma, pues, que el haber ampliado la magnitud de las clases de intervalos no ha influido de manera apreciable, aunque debe tenerse bien en cuenta lo dicho en oportuno lugar respecto a este extremo.

*Desviación típica.*—La medida más sencilla de dispersión de una serie de valores de una variable es la amplitud existente entre el valor mayor y el menor de la serie. Pero tal medida no nos da idea de la forma de la distribución, por ejemplo, si las frecuencias están densamente agrupadas alrededor de la media o muy separadas, etc., pudiendo, con la misma amplitud, presentar dispersiones muy diferentes.

Puede lograrse idea de cómo es esa distribución conociendo en el polígono de frecuencias la distancia a la mediana de la ordenada que divide el área comprendida entre la línea poligonal, la mediana y el eje de abscisas en dos partes iguales. Esa línea recibe el nom-



bre de cuadrante biométrico (*quartile*, en inglés), y, en general, los cuadrantes no equidistarán de la mediana, a menos de tratarse de una distribución simétrica; por eso suele tomarse el promedio de las dos distancias K (medida en unidades de clase intervalo) para medida de la dispersión. La que se usa, sin embargo, no es ésta, sino la denominada desviación típica  $\sigma$ , que es la distancia medida desde el valor modal (ordenada más alta del polígono), que guarda con la distancia a la mediana (o cuadrante biométrico  $q$ ) la relación  $q = 0,6745$ , y puede, por tanto, hacernos el mismo servicio, con la ventaja de una más fácil y exacta determinación.

Su valor viene dado por la fórmula

$$\sigma = \sqrt{\frac{F(V - G)^2}{n} - w^2}$$

y con los datos del estado [3]

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{1648}{400} - (-0,6)^2} = \sqrt{4,12 - 0,36} \\ \sigma &= \sqrt{3,76} = 1,95\end{aligned}$$

Fácilmente se deduciría, conocido  $\sigma$ , el valor de  $q$ .

Naturalmente, este resultado representa la dispersión medida en unidades de las de aquel caso particular. Es, pues, una medida de dispersión absoluta. A los efectos comparativos, es conveniente hallar la desviación relativa, o sea referida a 100, que es lo que Pearson ha denominado *coeficiente de variación*,  $V$ .

Su fórmula general es

$$V = 100 \frac{\sigma}{M}$$

y en nuestro caso

$$V = \frac{195}{21,9} = 8,9 \%$$

De este modo pueden ser comparadas desviaciones, aunque estén expresadas en unidades de distinta categoría.



*Disimetría.*—D. Es la medida que se emplea cuando se desea comparar la disimetría que presentan dos distribuciones de variables. Pearson la denomina Skewness. Una fórmula adecuada para ello puede ser la indicada por la siguiente expresión:

$$D = \frac{\text{media biométrica} - \text{moda}}{\text{Desviación típica}}$$

En el caso que examinamos sería

$$D = \frac{21,90 - 22,5}{1,95} = -0,31$$

Su reducido valor manifiesta cuánto se aproxima esta distribución a la simetría, pues en una de esta naturaleza  $D = 0$ , por ser los mismos la moda y la media biométrica.

*Errores de toma de muestra.*—La imposibilidad de conseguir absoluta coincidencia entre las determinaciones de las constantes biométricas de dos lotes pertenecientes a un mismo rebaño o de una masa de cultivo, obliga, si el conocimiento de aquélla ha de ser completo, a determinar el error probable que puede cometerse, a fin de señalar los límites entre los cuales el valor de las constantes está comprendido.

La fórmula que proporciona el error ( $\epsilon m$ ) que puede cometerse en la determinación de la media biométrica es

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

y en la desviación típica ( $\epsilon \sigma$ ) y coeficiente de variación ( $\epsilon v$ ), respectivamente,

$$\epsilon \sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}} \quad \epsilon v = \frac{V}{\sqrt{2n}}$$

Aunque estas últimas se refieren a una distribución normal (1)

(1) Se llama curva normal o de probabilidades la que correspondería a un conjunto  $n$  de muestras como la examinada, y sería la relativa a una distribución de frecuencias de tipo binomial, de la forma  $(1 + 1)^n$ . Pero otras muchas distribuciones, aunque no del mismo origen, son aproximadamente de esa forma, y claramente las concernientes a medidas en animales y plantas, razón por la que pueden aceptarse estas fórmulas de errores probables, que son propiamente las que corresponderían a distribuciones de aquella clase.



pueden aceptarse como suficientemente aproximadas en todos los casos. Aplicadas estas fórmulas al que analizamos, nos dan

$$\varepsilon m = \frac{1,95}{20} = 0,097 \quad \varepsilon \sigma = \frac{1,95}{28,5} = 0,07 \quad \varepsilon v = \frac{8,9}{28,5} = 0,31$$

y, de este modo, la expresión exacta de las constantes determinadas serían

$$M = 21,90 \pm 0,1.$$

$$\sigma = 1,95 \pm 0,07.$$

$$V = 8,9 \pm 0,31.$$

Antes de entrar en nuevas determinaciones hagamos aplicación de cuanto va dicho a las otras variables registradas en el estado [1] referentes a longitudes de raquis y número de espiguillas, resumiendo todos los cálculos en los dos estados que a continuación se incluyen.

*Cálculo de la media biométrica y desviación típica de longitud de raquis en las espigas de la subvariedad de trigo Triticum vulgare erythrospermum (Percival).—Catalán compacto.*

Estado núm. 4

Clase de intervalo. Longitudes — mm.	Frecuencias.  F	Desviaciones a la media arbitraria  $\varepsilon$	Productos  $F \varepsilon$	Productos  $F \varepsilon^2$
29	2	— 7	— 14	93
34	5	— 6	— 30	180
39	12	— 5	— 60	500
44	50	— 4	— 200	800
49	39	— 3	— 117	351
54	56	— 2	— 112	224
59	50	— 1	— 50	50
64	89	0	585	
69	59	1	59	59
74	27	2	54	108
79	6	3	18	54
84	3	4	12	48
89	2	5	10	50
	400		153	2322



$$\Sigma F \varepsilon = 153 - 583 = -430 \quad w = \frac{-430}{400} = -1,07 \text{ clase de intervalo.}$$

$$w = \text{en unidades} - 5,35 \text{ mm.}$$

$$M = 64 - 5,35 = 58,65$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma F \varepsilon^2}{n} - w^2} = \sqrt{\frac{2522}{400} - (-1,07)^2} = \sqrt{4,66} = 2,15$$

*Cálculo de la media biométrica y desviación típica del número de espiguillas por espiga de la subvariedad de trigo Triticum vulgare erythrospermum (Percival).—Catalán compacto.*

Estado núm. 5

Clase de intervalo. Número de espiguillas	Frecuencias. F	Desviaciones a la media arbitraria $\varepsilon$	Productos F $\varepsilon$	Productos F $\varepsilon^2$
6	1	- 8	- 8	64
7	2	- 7	- 14	98
8	12	- 6	- 72	432
9	16	- 5	- 80	400
10	51	- 4	- 204	816
11	42	- 3	- 126	378
12	47	- 2	- 94	188
13	45	- 1	- 45	45
14	88	0	- 641	
15	65	1	65	65
16	25	2	50	100
17	6	3	18	54
18	2	4	8	32
	400		+ 141	2670

$$\Sigma F \varepsilon = 141 - 641 = -500 \quad w = \frac{-500}{400} = -1,25$$

$$M = 14 - 1,25 = 12,75$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma F \varepsilon^2}{n} - w^2} = \sqrt{\frac{2670}{400} - 1,25^2} = \sqrt{5,11} = 2,26$$

Los polígonos de frecuencia correspondientes a estas variables son los que señalan las figuras 4 y 5.



Con los datos calculados se tienen medidos un cierto número de caracteres relativos al trigo que se examina, y que, unido a otros que de análoga manera pudieran determinarse, daría un completo estado de caracterización de la planta objeto de estudio. He aquí la ficha descriptiva en el caso nuestro:

*Triticum vulgare erythrospermum*, Subvariedad.—Catalán compacto.

Estado núm. 6

Carácter examinado	Media biométrica M	Desviación típica $\sigma$	Coefficiente de variación $v \%$
Longitud de raquis.....	$58,65 \pm 0,11$	$2,15 \pm 0,07$	$3,66 \pm 0,13$
Número de espiguillas.....	$12,75 \pm 0,11$	$0,26 \pm 0,07$	$3,85 \pm 0,14$
Densidad de la espiga.....	$21,90 \pm 0,10$	$1,95 \pm 0,06$	$8,90 \pm 0,31$
Número de granos por espiga...	$20,84 \pm 0,15$	$2,93 \pm 0,10$	$14,06 \pm 0,50$
Longitud de la caña.....	$67,04 \pm 0,10$	$2,18 \pm 0,08$	$3,40 \pm 0,18$

## V

Hasta aquí hemos considerado la distribución de frecuencias de una sola variable y determinado los valores de las constantes biométricas que caracterizan dicha distribución.

Quédanos por examinar cómo se relacionan las distribuciones de dos variables, con lo que, a la vez que determinamos nuevos datos para apreciar su variación comparativamente, servirán para aclarar algunos conceptos de los expuestos en la sección II.

Refiriéndonos al caso que desde un principio viene ocupando nuestra atención, y tomando para relacionarlas las variaciones de longitud de raquis y del número de espiguillas, la primera tarea a realizar es la de disponer las variables dentro de una tabla de contingencia, lo cual se hace del siguiente modo:

A la cabeza de las columnas se colocan las clases de intervalo correspondientes a uno de los caracteres (tabla I), longitudes de



raquis, por ejemplo, y en la cabecera de las líneas horizontales, las clases de intervalo relativas al otro carácter, número de espiguillas. Para llenarla no hay más que ir colocando las frecuencias en las casillas de modo que en cada línea horizontal estén colocadas las frecuencias correspondientes a uno de los caracteres, pero distribuidas con arreglo a los límites que para el otro carácter da el

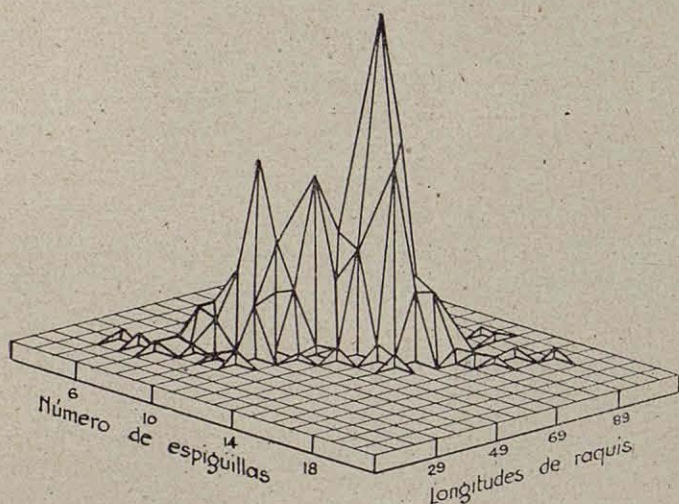


Fig. 7.ª—Poliedro de variación.

encabezamiento de las columnas. Al igual que en el caso de una variable, si se quiere hacer resaltar a la vista lo que en cifras puede ser de más dificultosa apreciación, puede construirse el poliedro de frecuencias sin más que levantar en el centro de las cuadrículas de la tabla longitudes proporcionales a las frecuencias en ellas contenidas y unir todos los extremos de las verticales contiguas. A medida que los compartimientos fuesen más pequeños y el número de observaciones mayor, se acercará la superficie poliédrica a una superficie curva continua (fig. 7).

De manera más sencilla puede hacerse la representación por estereograma, levantando en la cuadrícula (fig. 8) prismas de altura proporcional a las frecuencias en cada una contenidas.

Para conocer si existe dependencia mutua en la variación de ambos caracteres y en qué cuantía, basta poder apreciar si los valo-



TABLA NUM. I

*Longitud de raquis en milímetros.*

ESPIGUILAS POR ESPIGA

	<b>27</b> <b>31</b>	<b>32</b> <b>36</b>	<b>37</b> <b>41</b>	<b>42</b> <b>46</b>	<b>47</b> <b>51</b>	<b>52</b> <b>56</b>	<b>57</b> <b>61</b>	<b>62</b> <b>66</b>	<b>67</b> <b>71</b>	<b>72</b> <b>76</b>	<b>77</b> <b>81</b>	<b>82</b> <b>86</b>	<b>87</b> <b>91</b>	
<b>6</b>	1 (48)													<b>1</b>
<b>7</b>	1 (42)	1 (35)												<b>2</b>
<b>8</b>		1 (50)	5 (24)	5 (18)	1 (12)									<b>12</b>
<b>9</b>		1 (25)	4 (20)	10 (15)		1 (5)								<b>16</b>
<b>10</b>		2 (20)	2 (16)	27 (12)	14 (8)	3 (4)	2 (0)	1 (4)						<b>51</b>
<b>11</b>			1 (12)	7 (9)	15 (6)	14 (3)	3 (0)		1 (6)	1 (9)				<b>42</b>
<b>12</b>					8 (4)	24 (2)	9 (0)	5 (2)	1 (4)					<b>47</b>
<b>13</b>				1 (3)	1 (2)	11 (1)	17 (0)	9 (1)	4 (2)					<b>43</b>
<b>14</b>						3 (0)	15 (0)	48 (0)	17 (0)	4 (0)		1 (0)		<b>88</b>
<b>15</b>							3 (0)	22 (1)	28 (2)	10 (3)	1 (4)	1 (5)		<b>65</b>
<b>16</b>							1 (0)	4 (2)	8 (4)	9 (6)	2 (8)		1 (12)	<b>25</b>
<b>17</b>										3 (9)	2 (12)		1 (18)	<b>6</b>
<b>18</b>											1 (16)	1 (20)		<b>2</b>
	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>50</b>	<b>39</b>	<b>56</b>	<b>50</b>	<b>89</b>	<b>59</b>	<b>27</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>400</b>



res altos de uno de ellos están asociados con los altos o bajos del otro y cómo aumenta o disminuye la divergencia de uno de esos caracteres relativamente a su promedio, con cada variación del otro respecto al suyo.

El método gráfico aclarará esta idea: tomando una cuadrícula

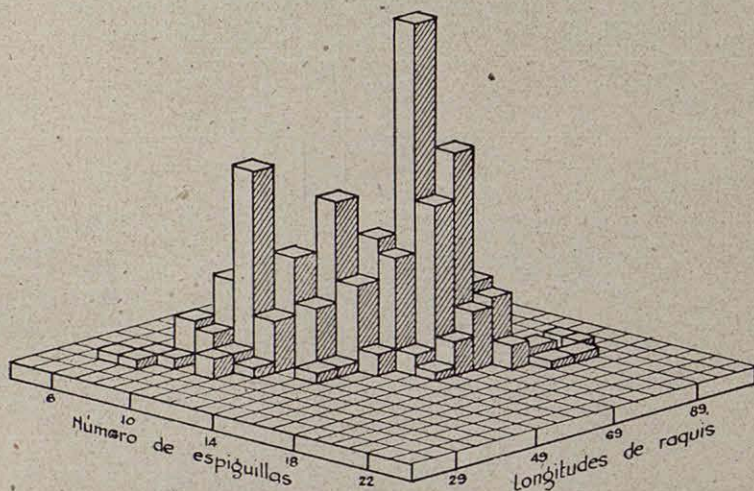


Fig. 8.<sup>a</sup>.—Estereograma.

(fig. 9) análoga a la de la tabla de contingencia, señalamos en ellas las líneas  $M_y$  y  $M_x$ , que corresponden a las medias biométricas de longitudes de espiga y número de espiguillas, pues, según estados 4 y 5, son, respectivamente, 58,65 y 12,75. De análoga manera a como se determinaron esas medias, vayamos determinando las correspondientes a las columnas y filas horizontales separadamente:

#### Medias de columnas

Núm. de espiguillas	Frecuencias $F$	Media arbitraria	Desviaciones a la media $\varepsilon$	Productos $F \times \varepsilon$
6	1	6,50	- 0,50	- 0,50
7	1		+ 0,50	+ 0,50
	2			0

$$\Sigma F \times \varepsilon = 0 \quad w = \frac{0}{2} = 0 \quad M = 6,50$$



Núm. de espiquillas	Frecuencias F	Media arbitraria	Desviaciones a la media $\varepsilon$	Productos $F \times \varepsilon$
7	1	8,50	- 1,50	- 1,50
8	1		- 0,50	- 0,50
9	1		+ 0,50	+ 0,50
10	2		+ 1,50	+ 3,00
	5			+ 1,50

$$\Sigma F \times \varepsilon = + 1,50 \quad w = \frac{1,50}{5} = 0,30 \quad M = 8,50 + 0,30 = 8,80$$

8	5	9,50	- 1,50	- 7,50
9	4		- 0,50	- 2,00
10	2		+ 0,50	+ 1,00
11	1		+ 1,50	+ 1,50
	12			- 7,00

$$\Sigma F \times \varepsilon = - 7,00 \quad w = \frac{7}{12} = - 0,583 \quad M = 9,50 - 0,583 = 8,917$$

8	5	9,50	- 1,50	- 7,50
9	10		- 0,50	- 5,00
10	27		+ 0,50	+ 13,50
11	7		+ 1,50	+ 10,50
12	0		+ 2,50	0,00
13	1		+ 3,50	+ 3,50
	50			+ 15,00

$$\Sigma F \times \varepsilon = 15,00 \quad w = \frac{15}{50} = 0,30 \quad M = 9,50 + 0,30 = 9,80$$

y así sucesivamente.

### Medias de filas horizontales

Longitudes de raquis	Frecuencias F	Media arbitraria	Desviaciones a la media $\varepsilon$	Productos $F \times \varepsilon$
$\frac{27}{31} : 29$	1	29	0	0
		M = 29		
$\frac{27}{31} : 29$	1	31	- 2	- 2
$\frac{32}{36} : 34$	1		+ 3	+ 3
	2			+ 1

$$\Sigma F \times \varepsilon = 1,00 \quad w = \frac{1}{2} = 0,50 \quad M = 31 + 0,5 = 31,50$$



Longitudes de raquis	Frecuencias F	Media arbitraria	Desviaciones a la media $\varepsilon$	Productos $F \times \varepsilon$
$\frac{32}{36} : 34$	1	42	- 8	- 8
$\frac{37}{41} : 39$	5		- 3	- 15
$\frac{42}{46} : 44$	5		+ 2	+ 10
$\frac{47}{51} : 49$	$\frac{1}{12}$		+ 7	+ 7
				- 6

$$\Sigma F \times \varepsilon = - 6 \quad w = - \frac{6}{12} = - 0,50 \quad M = 42 - 0,50 = 41,50$$

En la misma forma se obtendrían las demás.

Los resultados de todas ellas son:

Medias de columnas	Medias de filas horizontales
6,50.....	29,00
8,80.....	31,50
8,92.....	41,50
9,80.....	42,75
10,82.....	46,00
11,89.....	53,65
13,14.....	55,45
14,08.....	59,10
14,60.....	64,45
15,26.....	68,00
16,50.....	71,20
15,67.....	78,20
16,50.....	82,50

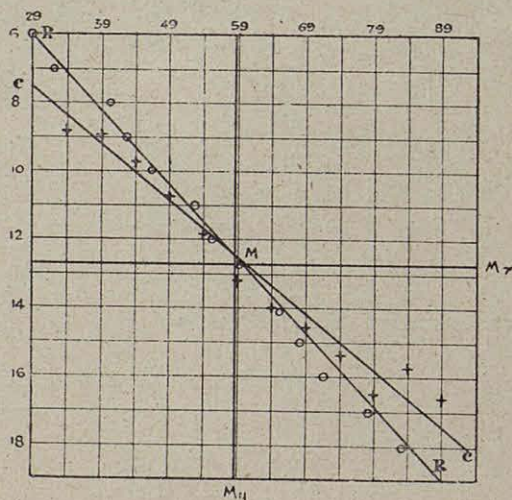


Fig. 9.<sup>a</sup>—Líneas de regresión del número de espiguillas y longitud de raquis.

Señalando su situación en el gráfico con arreglo a su escala, las primeras por cruces y las segundas por círculos, obtenemos la distribución de los promedios parciales con respecto a la media general de columnas y líneas horizontales. Fácilmente se ve, puesto que hacia el centro del gráfico están los números que indican mayores frecuencias, que, tanto unas como otras, oscilan alrededor de las medias generales, las de las líneas C C a uno y otro lado de  $M_x$ ,



y las de R R, a uno y otro lado de la M<sub>y</sub>. Esas líneas que marcan la posición de los promedios parciales se llaman líneas de regresión, y cuando, como en este caso sucede, los promedios se reparten aproximadamente según líneas rectas, la regresión se denomina lineal.

Los valores que marcan la inclinación de esas líneas con respecto

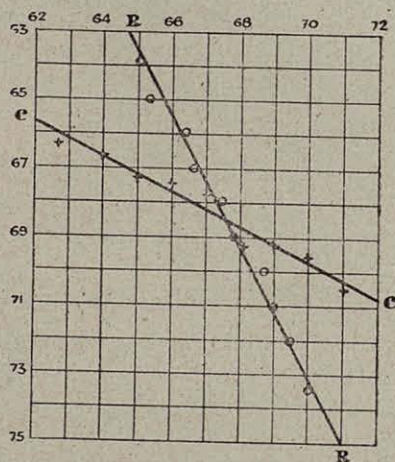


Fig. 10.—Líneas de regresión relativas a estatura de padres e hijos (Dalton).

a las medias (la de medias de filas horizontales con respecto a la media de columnas, y las medias de éstas con relación a la media de filas horizontales) se denominan coeficientes de regresión, y el que señala la aproximación mutua de las dos líneas de regresión R R y C C es el coeficiente de correlación.

El valor absoluto de este coeficiente, que es un número abstracto, varía entre 0 y 1. En el primer caso, las líneas de regresión son normal la una a la otra; cuando es igual a  $\pm 1$ , las líneas coinciden, que es lo que casi ocurre en este caso, como ya lo comprobaremos al determinar su valor. Cuando es negativo, indica que los valores altos de una variable se corresponden con los bajos de la otra, o sea, que una aumenta cuando la otra disminuye. Cuando es 0, se considera (aunque no es rigurosamente cierto siempre) que hay ausencia de correlación. Si el valor de  $r$  es mayor que 0,9, es correlación casi completa; de 0,6 a 0,9, alta correlación.



La aplicación de estas consideraciones a la estatura de padre e hijos, que sirvió para la formulación de las leyes de Galton, da el gráfico que indica la figura 10, deducido de las cifras anotadas por Karl Pearson (*Biometría*, vol. II (1903) página 415). El cálculo da para  $r$  el valor de  $+0,51$ .

*Cálculo de coeficiente de correlación.*—Se procederá en la forma siguiente, operando con la tabla de correlación anteriormente insertada (tabla núm. I): Tomamos, como en el caso de la media biométrica de una variable, un origen arbitrario, el de la séptima columna, por ejemplo, para las longitudes de raquis, y el correspondiente a la quinta fila horizontal, para el número de espiguillas por espiga. Ambos orígenes arbitrarios se han señalado en la tabla con trazo más grueso.

A continuación se calcula el producto  $\Sigma (en)$  medio de las desviaciones, y para ello procede, en primer lugar, señalar cuánta es la desviación de cada uno de los grupos de frecuencias colocados en las casillas y con referencia a los orígenes tomados. Estas desviaciones están indicadas en la misma tabla y diferentes casillas por números encerrados con paréntesis. Las que tienen un (1) indican desviación de un intervalo; cuando es un (2), doble desviación, y así sucesivamente.

El estado siguiente resume la disposición más a propósito para el cálculo:



Estado núm. 7

1	2	3	4	5	6
$\Sigma n$	FRECUENCIAS		T O T A L E S	PRODUCTOS	
	Cuadrantes	Cuadrantes		+	—
	+	—			
1	33	9	+ 24	24	
2	57	9	+ 48	96	
3	25	—	+ 25	75	
4	20	2	+ 18	72	
5	2	—	+ 2	10	
6	24	1	+ 23	138	
8	16	—	+ 16	128	
9	10	1	+ 9	81	
12	32	—	+ 32	384	
15	10	—	+ 10	150	
16	3	—	+ 3	48	
18	6	—	+ 6	108	
20	7	—	+ 7	140	
24	5	—	+ 5	120	
25	1	—	+ 1	25	
30	1	—	+ 1	30	
35	1	—	+ 1	35	
42	1	—	+ 1	42	
48	1	—	+ 1	48	
	+ 255	— 22		1754	
	— 22				

123 con desviación nula



En la primera columna están anotadas las sucesivas desviaciones que en la tabla figuran. Las frecuencias lo están en la segunda y tercera columnas. En la segunda, las que se hallan en el cuadrante superior izquierdo, sumadas con las que presentan análoga desviación en el cuadrante inferior de la derecha, que son las positivas, y en la tercera columna, las de los otros cuadrantes, que son las negativas.

Anótanse las diferencias en la cuarta columna, y en la quinta y sexta, los productos de esas diferencias por las desviaciones de la primera columna. La sexta columna aparece en blanco, por ser positivos en este caso todos los productos obtenidos.

El valor resultante  $\Sigma (\epsilon n) = 1754$  y el valor medio  $p$  de esta suma de productos resulta:

$$p = \frac{\Sigma (\epsilon n)}{n} = \frac{1754}{400} = 4,38$$

Este resultado ha de corregirse ahora con arreglo a las verdaderas medias generales de cada variable (pues debe recordarse que se obtuvo con relación a dos arbitrarias) y que, según los estados (núms. 4 y 5), son:

Media de longitudes de raquis.....	58,63
Media arbitraria elegida.....	59,00
<i>Diferencia</i> .....	0,37
Media del número de espiguillas.....	12,75
Media arbitraria elegida.....	14,00
<i>Diferencia</i> .....	1,25

El producto de estas diferencias,  $1,25 \times 0,37 = 0,46$ , se suma algebraicamente con el valor hallado para  $p$ , y, de este modo, resulta:

$$4,38 + 0,46 = 4,84$$

Dividiendo, finalmente, este resultado por el producto de las desviaciones típicas correspondientes a las variables consideradas, que son 2,16 y 2,26, respectivamente (estados 4 y 5), se obtiene:

$$r = \frac{4,84}{2,16 \times 2,26} = \frac{4,84}{4,88} = 0,987$$



El valor absoluto de este coeficiente nos marca una correlación casi absoluta entre estos dos caracteres, o sea, que tienen variaciones cuantitativas casi iguales, y el signo, que es una correlación del mismo sentido, las dos aumentando o las dos disminuyendo.

John Percival ha determinado en los trigos las siguientes clases de correlaciones, que transcribimos por referirse a material de la misma clase que el empleado por nosotros en el desarrollo de estas nociones:

CLASE DE CARACTER	CARACTERES RELACIONADOS	Clase de correlación
Longitud de caña.....	Longitud de espiga.....	+
»	Peso de espiga.....	+
»	Peso de grano.....	+
»	Número de granos por espiga.....	+
»	Rendimiento de planta.....	+
»	Rendimiento de espiga.....	+
»	Densidad de la espiga.....	—
Número de cañas....	Peso total de la planta.....	+
»	Longitud de caña.....	+
»	Peso de caña.....	+
»	Longitud de espiga.....	+
»	Densidad de la espiga.....	—
»	Peso del grano por planta.....	+
»	Número de granos por espiga.....	—
»	Resistencia al frío.....	+
»	Maduración tardía.....	+
Diámetro de la caña..	Longitud del entrenudo superior.....	+
»	Longitud del entrenudo inferior.....	—
»	Ahijado.....	—
Longitud de la espiga.	Número de espiguillas.....	+
»	Densidad de la espiga.....	—
Duración del período vegetativo.....	Rendimiento total de la planta.....	+
»	Peso del grano por planta.....	+
»	Tamaño promediado del grano.....	+
»	Almidón del grano.....	+
»	Cantidad relativa del nitrógeno.....	—
Peso del grano.....	Tamaño del grano.....	+
»	Cantidad de gluten.....	—
Fragilidad del raquis.	Adherencia de las glumas.....	+
Longitud del entrenudo superior.....	Peso de la espiga.....	+



## VI

De un modo conciso y en rápida exposición han quedado a la vista las formas más apropiadas de cálculo para manejar las cifras proporcionadas por el análisis de los seres vivientes.

Con ellas se consiguió dar expresión a conjunto de números que, en su imponente acumulación, nada o casi nada permitían deducir al observador, y que, en cambio, hábilmente manejados, ponen de relieve circunstancias que hubieran permanecido ignoradas y cuyo valor en Genética han acabado por reconocer hasta los más acérrimos detractores de la Biometría.

Sólo nos queda, para terminar, hacer un bosquejo, en parte ya esbozado, de las posibilidades de este método de estudio, que ha ensanchado notablemente los horizontes de investigación dentro de las ciencias naturales.

## APLICACIONES PRACTICAS DE LA BIOMETRIA

### I

Uno de los extremos difícilmente sorteables al estudiar la flora y fauna fué siempre el relativo a la exacta delimitación de las agrupaciones taxonómicas. Y aun cuando la importancia del hecho no determina consecuencias de extraordinario alcance, si sólo se trata de catalogar plantas y animales, la tiene indudable cuando unas y otros han de emplearse como base de una explotación económica. Su mejora ha de basarse en una racional utilización de especies, razas, castas, etc., y mal puede conseguirse sin haber logrado previamente un conocimiento preciso y exacto del conjunto de individualidades heterogéneas (dentro de la aparente uniformidad) que integra esos grupos.

La Biometría se nos muestra como único método capaz de describir esas unidades colectivas por caracteres propios y exclusivos de la agrupación e independientes de los relativos a los organismos que las integran, llenando un hueco interesante en la ciencia biológica.



Ahora bien; para que la descripción sea acertada, es necesario que el grupo sea puro, es decir, que el plasma germinativo de todos sus individuos sea homocigoto, pues sólo así darán la misma clase de forma de curva y las constantes biométricas podrán definirlo.

El caso a que nosotros hemos aplicado la descripción biométrica lo es por proceder de selección genealógica de una espiga única, y queda comprobado porque se obtiene análogos polígonos de frecuencia en todas las muestras tomadas de la misma masa de cultivo. El polígono de fluctuación, sin embargo, perfilará curva distinta de un año al siguiente, respondiendo a condiciones extrínsecas variables, y habría que determinar las constantes medias correspondientes a varios años sucesivos para obtener el carácter medio que define a la agrupación.

Pero es que la Biometría, en esta labor de su especial cometido, permite con frecuencia hacer separaciones dentro de un grupo que, en apariencia, es uniforme.

Veamos el siguiente ejemplo, expuesto por H. de Vries, relativo a la especie *Chrysanthemum Segetum* (L.). Sembró 97 semillas de esta planta, y contando el número de lengüetas que presentaban las cabezuelas, halló la siguiente distribución de frecuencia:

Número de lengüetas:	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22.
Frecuencias:	1	14	13	4	6	9	7	10	12	20	1.

y que corresponde a un polígono de la forma del indicado en la figura 11. En él se ve que aparecen dos máximos, los mismos de la serie de frecuencias, o sea que la variación de ese grupo es dimórfica, y esto hizo suponer si se trataría de dos razas mezcladas. Cultivadas separadamente las semillas de las plantas correspondientes a los valores modales 13 y 21, logró obtener grupos diferentes al cabo de dos años de cultivo. La selección en este sentido, o sea separación de cosas ya existentes, es factible, por lo tanto, utilizando el procedimiento biométrico. En el conjunto de individuos que nosotros estudiemos de una población cualquiera (no pura), hay, como se sabe, una regresión hacia la media. En general, ha sido calculada, como promedio, en  $3/5$  la desviación del carácter del ascendiente con relación al carácter medio de la línea.

Si en el conjunto de esa población elegimos, por ejemplo, los



individuos de más talla, el promedio de su población será más alto que el de la población anterior, y si se repite la operación, se obtendrán individuos más altos todavía. Ahora bien: aun cuando el promedio de frecuencias varía en el sentido de la selección, la velocidad del proceso disminuye rápidamente y cesa muy pronto.

Mac Dowell lo ha demostrado en el caso de las cerdillas extraordinarias de la mosca del vinagre (*Drosophila melanogaster*). Por esto está comprobado que la selección natural, de este modo concebida, es más producto de la fantasía que efectiva realidad. Por tal



Fig. 11.—Polígono Johannsen relativo al número de lengüetas de las cabezuelas de *Chrysanthemum Segetum* (L.).

procedimiento se pueden obtener individuos de mucha talla, pero los más altos de ellos no serán mayores que los más altos de la primitiva población. Lo que se consigue es obtener un número mayor de individuos altos. La ley es idéntica cuando de cualquier otro carácter se trate.

Uno de los ejemplos que manifiestan la eficiencia de este sistema de selección es el empleo que del mismo se hace en la remolacha azucarera (citado por L. Blaringhem). Según las consideraciones indicadas, si necesitamos obtener remolachas con producción media



de 16 por 100, y no disponemos más que de remolachas con producción media de 13 por 100, habría que proceder del siguiente modo: Supuesto que la regresión es de  $3/5$ , los padres habría que elegirlos de modo que, después de considerar una pérdida de  $3/5$  sobre el avance (en relación con la media), o una ganancia de  $2/5$  sobre esa media, los descendientes resulten con una media de 16 por 100, que es la pretendida. Llamando  $x$  a la media desconocida, habría de verificarse la siguiente igualdad:

$$13 + \frac{2}{5}(x - 13) = 16 \quad x = 20,5 \%$$

Las raíces que en la población estudiada presenten esta riqueza serán muy raras. M. de Vries refiere que en Holanda, para sostener esa riqueza de 16 por 100, es necesario analizar unas 30.000 remolachas anualmente de entre las ya mejoradas.

Si el proceso seleccionador cesa, la regresión es inmediata. No hay que perder de vista tampoco que, eligiendo individuos muy alejados de la media, están en una especie de equilibrio inestable (Galton atribuye a ello su rareza), y, a veces, se logran resultados muy contrarios a los esperados. El progreso debe hacerse por pasos prudentiales, eligiendo individuos que presenten el carácter, no por excesiva dominancia de circunstancias especiales, sino por el conjunto de todos los factores.

En la ley de los grandes números, fundamento de la Biometría, el equilibrio de factores numerosos se obtiene mucho mejor en las condiciones normales del gran cultivo que el resultante de un reducido número.

La mejora por este medio es difícil de mantener, como se ve, y por ello se recurre a la selección genealógica, con el fin de obtener formas estables, pues en ellas, por ser los plasmas germinativos homocigotos, es indiferente elegir unos u otros individuos para la procreación; las variaciones, o, mejor dicho, fluctuaciones que se produzcan, serán, por lo general, sólo somáticas, y, por tanto, no hereditarias.

De acuerdo con este principio, en una planta, cualquiera, da lo mismo utilizar, para reproducirla, una semilla pequeña que grande;



el producto que obtengamos estará compuesto de granos grandes y pequeños en la misma proporción, procedan de una u otra simiente. Y ello es cierto, como lo es que de animales desmedrados puedan obtenerse ejemplares soberbios, respecto a un determinado carácter, si los plasmas germinativos de aquellos que se cruzan son homocigotos. Pero entendamos bien que si para un negocio bien dirigido nos es imprescindible contar con los factores que de modo seguro nos den los caracteres apetecibles buscados de la raza, las condiciones individuales entran de por mucho para que el resultado sea más lucrativo.

Así, en el caso de un trigo, una semilla grande está comprobado da mayor número de espigas, y, por consecuencia, cosecha más cuantiosa, de donde se desprende que la selección mecánica produce siempre resultados económicos satisfactorios. De igual manera, la cría de una vaca de raza pura, y que, además, sea individualidad excelente, dará con más probabilidad un resultado mejor que si procede de una hembra raquílica, por muy homocigoto que su plasma germinal sea con el del macho que actúe como padre.

Dedúcese, por tanto, que los caracteres exteriores y medidas de cierta clase no pueden servir de guía exclusiva para una acertada mejora en determinada función económica, a menos que la particularidad externa y la actividad funcional consideradas se debieran a factores o unidades genéticas ligadas entre sí cuando se realizan las combinaciones cromosomáticas, que es lo primero que habría de controlarse. Evidente es, sin embargo, que, aun en el caso de que así no sucediera, y dentro de una absoluta pureza racial, el examen de los datos aludidos puede en muchas ocasiones ser de gran utilidad.

El método biométrico, permitiendo comparaciones concretas, pues que pueden realizarse sobre cualidades definidas por su magnitud (esencial circunstancia, según lord Kelvin, para que se reputen bien conocidas), hace factible apreciar cómo influyen las condiciones del medio exterior en la morfogénesis del ser viviente. Veamos de qué modo:

Las características encontradas para la subvariedad de trigo catalán compacto lo han sido en los cultivos de un clima relativamente



seco. Cultivando ese mismo trigo en región húmeda, nos dió las características siguientes, deducidas también de 400 espigas:

CARACTERES	Media biométrica	Desviación típica	Coefficiente de variación
Densidad de la espiga.....	24,58 ± 0,08	1,77 ± 0,06	6,94 ± 0,25
Número de espiguillas.....	15,51 ± 0,10	2,15 ± 0,07	15,91 ± 0,56
Longitud de espiga.....	59,25 ± 0,08	1,79 ± 0,06	3,02 ± 0,10
Número de granos por espiga...	25,57 ± 0,11	2,85 ± 0,09	12,00 ± 0,42
Longitud de caña.....	92,96 ± 0,11	2,66 ± 0,09	2,80 ± 0,90

La figura 12 permite la comparación de los polígonos de Johanssen, correspondientes a la densidad en este caso, y el correspondiente al cultivado en clima seco.

La variación se manifiesta bien notable. El promedio de longitud de caña y de raquis aparece en este caso acrecido, y lo mismo sucede respecto al número de espiguillas y al de granos que cada espiga produce, aunque en ambas el promedio es de dos semillas.

El crecimiento mayor en unos y otros no es, como pudiera creerse, correlativo en absoluto. La cifra mayor que aparece como promedio en la densidad de la espiga nos marca bien claramente que el aumento en el número de espiguillas es mayor que el crecimiento correspondiente al raquis, y aún viene corroborado esto por la diferencia en los coeficientes de correlación. En efecto, en el trigo cultivado en zona seca quedó acusado ese coeficiente por una cifra próxima a la unidad, demostrando la correlatividad casi absoluta entre el crecimiento del raquis y el número de espiguillas (o nudos del mismo). En el obtenido en suelo húmedo, el coeficiente de correlación deducido de la correspondiente tabla de contingencia fué solamente:  $r = 0,645$ . La variación entre estos caracteres es, pues, menos igual, y como la densidad ha señalado, los segmentos del raquis son más pequeños que lo que debieran con relación al aumento total de tamaño de éste. Es bien sabido que el riego determina en algunos casos alteración de la densidad de la espiga, y aquí queda perfectamente comprobado.

Por el contrario, la diversidad individual en los diferentes ca-



racteres examinados, según acusan los respectivos coeficientes de variación, es menor en el caso del cultivo en zona húmeda. El polígono correspondiente a la densidad marca claramente esta mayor uniformidad, que viene ya acusada por la cifra de disformidad (Skewness), que es de 0,04, mientras que era de 0,31 en el procedente de zona seca. El detallado estudio que nos ha permitido hacer el procedimiento biométrico aplicado a una planta anual como el

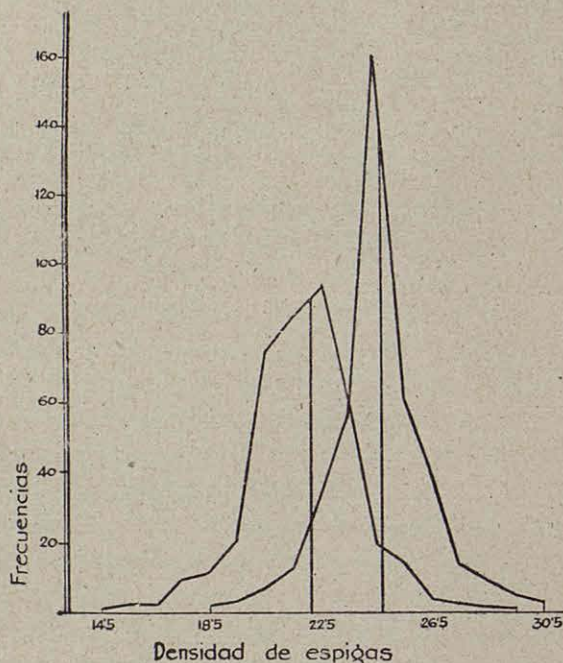


Fig. 12.—Comparación de polígonos de Johanssen de la densidad de espiga en lotes de una misma variedad cultivada en distintos climas.

trigo deja entrever la posibilidad de poder lograr con menos trabajo un detallado estudio morfológico de las plantas de larga vida o de aquellas en que la multiplicación asexual es la regla, pues quedan eliminados factores circunstanciales, como el de fortuitas fecundaciones cruzadas o inadvertidos errores de manipulación en siembras tan repetidas.

Las plantas arbustivas y arbóreas, muchas típicas del solar patrio, sometidas, como aquellas otras a una intensa investigación por estos métodos, permitirían descubrir ignotas peculiaridades de



forma, distribución de órganos, crecimiento, etc., ayudando a establecer una ordenada y científica catalogación de la flora nacional, que hoy no existe.

Ensayos aislados, como los realizados en los olivos y en los agrios por el ilustre ingeniero señor Priego Jaramillo; en la remolacha, por Mendivil, etc., con gran fortuna, ponen en evidencia la ingente labor que resta por hacer en este camino.

Y si a ello se añade la escasa atención prestada a la riqueza pecuaria, no menos necesitada de un estudio profundo con arreglo a las orientaciones de la moderna Genética, patentes están las lagunas que quedan por llenar en este sector de conocimientos, que, sin duda en una gran proporción, están reservadas a la laboriosidad del Cuerpo Agronómico. A éste brindamos la modesta aportación que supone la redacción de este opúsculo, y si con ello hemos logrado despertar un poco, aunque no más sea, la afición e interés por investigaciones de este género, nuestro principal deseo veríase sobradamente satisfecho.



## BIBLIOGRAFIA

- BLANCO, R., Ingeniero Agrónomo: *Estudio biométrico de trigos catalanes en vista de su selección*. Lérida, 1927.
- *Estudio biométrico de la variedad de olivo Arbequina*.
- BLARINGHEM, L.: *Le perfectionnement des plantes*. París, 1913.
- CRESPO, V., Ingeniero Agrónomo: *Apuntes de Herbicultura*. Madrid.
- DARBISHIRE, A. D.: Literary and Philosophical Society, 1904-1905. *Agril.*, pág. 19.
- DE VRIES, Hugo: *Plant breeding*. Chicago, 1907.
- *Especies y variedades*. Traducción francesa por L. Blaringhem. París, 1909.
- DONCASTER, L.: *Heredity in the light of recent research*.
- EEAST, Edward: *Imbreeding and outbreeding*. Philadelphia, 1919.
- GALLÁSTEGUI, Cruz A.: *Duplicación de cromosomas en el género brassica*. Lugo, 1926.
- GRANT, Edwind: *Heredity and environment in the development of men*. London, 1922.
- HEATH LOCH, R.: *Recent progress in the Study of variation heredity and evolution*. London, John Morgan.
- LABURU, J. A., S. J.: *Origen y evolución de la vida*. Bilbao, 1923.
- MORGAN, T. H.: *Evolución y Mendelismo*. Traducción de Antonio Zulueta. Madrid, 1921.
- NONÍDEZ, J. F.: *La herencia mendeliana*. Madrid, 1922.
- PEARL, Raymond: *Modes of the Research in Genetics*. New-York, 1915.
- *Variation and differentiation in Ceratophyllum*. Washington, 1902.
- PEARSON, K.: *Biometrika*. Diversos números.
- PERCIVAL, J.: *The wheat plant*. Londres, 1921.
- ROULE, L.: *L'Embriologie générale*. Origine et évolution des êtres.
- STRASBURGER, E.: *Tratado de Botánica*. Traducción del alemán por el P. Barnola, S. J. Barcelona, 1923.
- THOMSON, J. A.: *Heredity*. Londres, 1920.
- UDNY YULE, G.: *An introduction to the theory of statistics*. London, 1922.
- VIRGILI, F.: *Statistica*. Milano, 1923.



159